ℋ INV. 326132 ℋα 4002631
9/2000
FIT

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE;

Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Inſtitut de Bologne, &c. Maître de Phyſique & d'Hiſtoire Naturelle des Enfants de France, & Profeſſeur Royal de Phyſique Expérimentale au College de Navarre.*

TOME CINQUIEME.

Quatrieme Edition.

A PARIS,

Du fonds de H. L. GUERIN *& L. F.* DELATOUR.

Chez DURAND, Neveu, Libraire, rue S. Jacques à la Sageſſe.

M. DCC. LXVIII. [1768]

Avec Approbation, & Privilége du Roi.

AXA 210:5 (1768)

AVERTISSEMENT.

CET Ouvrage ayant eu le bonheur de plaire au public, je me ſuis appliqué de plus en plus à le rendre digne de ſon ſuffrage. Je veille moi-même très-ſoigneuſement à l'impreſſion & à la réimpreſſion des Volumes, pour les rendre correćts, & je n'épargne rien pour le papier, les deſſeins & la gravure; mais je vois avec chagrin que ces attentions de ma part n'ont pas tout le ſuccès que j'en attendois. Il ſe répand en France & dans les Pays Etrangers des exemplaires contrefaits qui fourmillent de fautes, & qui ſe reſſentent, on ne peut pas plus, de la diſette où

l'on eſt en Province de Correcteurs intelligents, exacts, & de Graveurs propres à ces ſortes d'Ouvrages. Je ſupplie donc les perſonnes qui auront fait emplette de ces mauvaiſes copies, de vouloir bien ne me point imputer les négligences, les obſcurités, les omiſſions, les contre-ſens qu'elles y trouveront; je déſavoue entiérement ces Editions furtives, & ne reconnois pour mon Ouvrage, que ce qui eſt contenu dans celles qui ſe font ſous mes yeux, à Paris, chez les ſieurs *Guerin* & *Delatour*.

Ces mêmes Libraires m'ont repréſenté que ce cinquieme Tome de mes Leçons de Phyſique ayant 100 pages d'impreſſion, & 4 ou 5 planches en taille-douce plus que les précedents,

il ne leur étoit pas poſſible de le vendre au prix ordinaire, j'ai conſenti à une augmentation de 10 ſ. pour ce volume ſeulement, & ſans tirer à conſéquence pour les autres ; de ſorte, qu'au lieu de 2 liv. 10 ſ. il ſe vendra 3 liv. en feuilles, & 3 liv. 2 ſ. 6 d. broché.

EXTRAIT DES REGISTRES de l'Académie Royale des Sciences.

Du 15 Mars 1754.

MOnſieur DE REAUMUR & moi, qui avons été nommés le 3 Août 1754, pour examiner *le cinquieme Volume des Leçons de Phyſique Expérimentale* de M. l'Abbé NOLLET, en ayant fait notre rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impreſſion : en foi de quoi j'ai ſigné le préſent Certificat. A Paris, ce 15 Mars 1755.

GRANDJEAN DE FOUCHY,
Secretaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.

AVIS AU RELIEUR.

Les Planches doivent être placées de maniere qu'en s'ouvrant elles puiſſent ſortir entiérement du Livre, & ſe voir à droite dans l'ordre qui ſuit.

TOME CINQUIEME.

	Pages.	*Planches.*
XV. LEÇON.	64	1
	78	2
	116	3
	138	4
XVI. LEÇON.	178	1
	194	2
	206	3
	226	4
	242	5
	270	6
	294	7
	310	8
	318	9
	334	10
XVII. LEÇON.	362	1
	376	2
	402	3
	426	4
	480	5
	528	6
	550	7
	556	8
	566	9
	580	10

LEÇONS

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

XV. LEÇON.

Sur la Lumiére.

PLUS nous avançons dans l'étude de la nature, plus nous ſommes frappés de la grandeur & du nombre des merveilles qui s'y rencontrent. Dans les deux derniéres Leçons nous avons vu comment tout ſubſiſte & ſe conſerve au milieu d'un élément capable de tout détruire, de tout conſumer : nous avons vu le feu intimément mêlé avec toutes les autres ſubſtances matérielles ſans que rien périſſe par

XV. LEÇON.

ſon action ſpontanée; parce que cette action toujours trop foible d'elle-même & comme aſſoupie, ne peut être excitée ou augmentée que par certains moyens dont l'homme eſt ſeul dépoſitaire parmi tant d'êtres animés qui en reſſentent comme lui les effets. Préſentement, il s'agit d'un fluide, qui nous faiſant paſſer dans un clin d'œil des plus épaiſſes ténébres à cet état inexprimable qu'on nomme clarté, nous donne preſque une autre exiſtence, nous fait ſortir, pour ainſi dire, hors de nous-mêmes, pour aller au-devant des objets les plus éloignés, & pour entrer en commerce avec eux. La *lumiére* qui nous procure ces grands avantages nous rend encore capables de diriger nos mouvemens avec ſûreté, & de mettre dans nos actions l'ordre & la meſure qui leur conviennent : elle donne la couleur & l'éclat à toutes les productions de la nature & de l'art; elle multiplie l'univers en le peignant dans les yeux de tout ce qui reſpire.

Cet être admirable & preſque incompréhenſible que les anciens ont

regardé comme un accident de la matiére, & que quelques auteurs très-diſtingués de ces derniers temps ont voulu mettre dans une claſſe moyenne au-deſſus des corps, n'oſant pas ſans doute l'élever juſqu'au rang des eſprits, cet être, dis-je, ſi difficile à ſaiſir & à dévoiler quand il s'agit de ſa nature & de ſa propagation, ſe ſoumet aſſez aiſément au calcul, aux meſures, à l'expérience, lorſqu'on s'en tient à examiner ceux de ſes mouvemens qui ont un rapport plus direct & plus prochain avec nos ſens. Si nous ſommes donc obligés de nous arrêter à des hypothèſes & à des raiſonnemens ſeulement plauſibles, pour ſatisfaire à des queſtions de pure curioſité, nous pouvons dire que dans celles dont la ſolution nous intéreſſe davantage, nous avons à offrir des connoiſſances plus certaines & mieux établies.

Pour ſuivre les unes & les autres avec ordre, examinons d'abord ce que c'eſt que la lumiére, où elle réſide, & comment elle ſe répand de ſa ſource dans l'eſpace qu'elle éclaire.

XV. Leçon. Conſidérons en ſecond lieu les directions qu'elle affecte de ſuivre dans ſes mouvemens, ce qui peut l'en faire changer, & les routes qu'elle prend quand elle en change.

Eſſayons enſuite de la décompoſer, & voyons quelles ſont les propriétés de ſes parties ſéparées les unes des autres.

Enfin, parcourons les principaux effets de la lumiére, tant ſimple que compoſée, relativement à l'organe de la vûe & aux inſtrumens qui aident ou qui augmentent la viſion.

I. SECTION.

De la nature & de la propagation de la Lumiére.

J'Entens par le mot de *lumiére* le moyen dont la nature a coutume de ſe ſervir pour affecter l'œil de cette impreſſion vive & preſque toujours agréable qu'on appelle *clarté*, & pour nous faire appercevoir la grandeur, la figure, la couleur, la ſituation des objets qui ſont hors de nous-mêmes à une

diſtance convenable. Ce moyen, quel qu'il ſoit, eſt un être diſtingué du corps viſible & de l'organe; il réſide comme interméde entre l'un & l'autre, & il occupe par lui-même & par ſon action l'intervalle qui les ſépare : ſans cela il me paroît impoſſible de comprendre comment un corps peut agir ſur un autre corps.

Mais cet agent qui tranſmet à l'œil l'action du corps lumineux ou illuminé doit être lui-même quelque choſe de matériel; autrement comment pourroit-il recevoir & communiquer une modification qui ne peut convenir qu'à la matiére ? comment pourroit-il être touché ou agité phyſiquement par l'objet viſible, & toucher de même l'organe ſur lequel il ſe fait ſentir ? Cette réflexion ſeule devroit ſuffire pour nous faire comprendre que la lumiére eſt l'effet d'une matiére en mouvement; mais cette vérité ſe montre d'ailleurs par tant d'endroits, qu'il eſt impoſſible de la révoquer en doute, pour peu qu'on raiſonne ſuivant les principes les plus généralement reçus en phyſique. Pourquoi, par exemple, ne peut-on pas regarder

XV. LEÇON.

le ſoleil en face ? Par quelle raiſon les gens qui ont la vue tendre ne voyagent-ils qu'avec peine ayant les yeux ouverts ſur la neige ou ſur un terrein blanc ? D'où vient qu'une perſonne accoutumée à dormir dans une chambre bien obſcure, s'éveille plutôt que de coutume, ſi l'on a oublié de fermer les volets de ſes fenêtres ? Tous ces effets ne prouvent-ils pas que la lumiére nous touche, nous incommode, nous bleſſe même, quand ſes impreſſions ſe font mal à propos, ou qu'elles ſont trop fortes ? & quelle autre ſubſtance qu'une matiére, peut ſe faire ſentir ainſi ſur nos corps ? D'ailleurs nous ſommes les maîtres d'augmenter, de diminuer, de renfermer la lumiére dans un eſpace ; tous les jours il nous arrive de meſurer ſes mouvemens, de la détourner, de lui oppoſer des obſtacles : nous ne pourrions pas en uſer ainſi avec un être immatériel, parce qu'il ſeroit inſaiſiſſable à nos ſens & à nos efforts.

Nous conviendrons donc avec tous les Phyſiciens de nos jours, que ce qui répand la clarté dans un lieu, ce qui rend viſibles les objets qu'on y

apperçoit, eſt une vraie matiére, dont l'action peut être plus ou moins forte ſuivant les circonſtances. Mais quelle eſt cette matiére, & comment ſe trouve-t-elle dans le lieu où elle ſe fait ſentir ? c'eſt une autre queſtion ſur laquelle les ſentimens ſont partagés.

Selon la penſée de Deſcartes & de ceux qui ſuivent exactement ſa doctrine, la matiére propre de la lumiére eſt un fluide immenſe, dont les parties plus petites qu'on ne le peut dire & arrondies en forme de globules, rempliſſent uniformément & ſans interruption toute la ſphére de notre univers : le ſoleil qui en occupe le centre, les étoiles fixes qui en ſont comme les limites, & tous les corps qui s'enflamment, ſur la terre & ailleurs, animent cette matiére par un mouvement qui ne la tranſporte pas d'un lieu dans un autre, mais qui l'agite par une eſpéce de trémouſſement en quelque façon ſemblable à celui qui fait le ſon dans l'air ; de ſorte que l'aſtre ou le corps flamboyant devient par-là le centre d'une ſphére lumineuſe à peu près de même qu'une cloche, ou tout autre corps ſonore qu'on met

en action, fait reſonner au loin & de toutes parts la maſſe d'air au milieu de laquelle il eſt placé.

Quand on attribue, comme Deſcartes, aux parties de cet élément qui porte la lumiére, ou dont l'action eſt la lumiére même, une contiguité parfaite & une inflexibilité à toute épreuve, on ſe met en droit de dire avec lui, qu'il ne faut qu'un inſtant indiviſible pour tranſmettre l'impulſion du corps lumineux à la plus grande diſtance : une file de ces globules, auſſi longue qu'elle puiſſe être, étant preſſée par un bout, doit agir en même temps par l'autre comme une tringle de fer ou de bois tranſmet ſans aucun retardement ſenſible le coup de marteau qu'on imprime à l'une de ſes extrêmités, ou comme on voit le choc d'une boule d'ivoire paſſer ſubitement par un grand nombre de boules ſemblables qui ſe touchent ayant leurs centres dans la même ligne : & cette prétention répond fort bien au mouvement de la lumiére qui paroît inſtantanée, parce que nous lui voyons parcourir ſur la terre des eſpaces conſidérables

dans des temps ſi cours que nous avons preſque renoncé à l'eſpérance & au deſſein de les meſurer.

XV. Leçon.

Telle a été l'opinion de Deſcartes ſur la nature de la lumiére, & ſur ſa maniére de ſe répandre : opinion qui a dû ſouffrir quelques changemens ; parce qu'on a fait depuis certaines découvertes qui l'exigeoient, mais dont le fonds qui peut ſubſiſter, me ſemble ſi naturel, ſi plauſible, ſi commode pour rendre raiſon des phénoménes, que je ne crains pas de dire, qu'elle eût été l'opinion de tout le monde, ſi des intérêts particuliers n'y euſſent mis empêchement. Newton lui-même l'auroit peut-être adoptée, ſi un milieu réſiſtant dans la vaſte étendue des cieux lui eût paru compatible avec le ſyſtême des attractions, ou s'il eût oſé dire bien ouvertement que la lumiére eſt un être incapable de réſiſtance.

Suivant le ſentiment de ce grand homme (*a*) & de ceux qui ſont

(*a*) C'eſt auſſi l'opinion de Gaſſendi & de quelques autres philoſophes modernes qui ont précédé Newton, & qui ont ſuivi en cela les idées de Démocrite & d'Epicure.

XV. LEÇON.

attachés à ſes principes, la lumiére eſt une émanation réelle du corps lumineux : le ſoleil lance continuellement autour de lui des rayons de ſa propre ſubſtance, qui s'étendent juſqu'aux extrêmités de la ſphére du monde, & ces rayons ſont composés de parties qui ſe ſuccedent & ſe renouvellent perpétuellement dans le même lieu avec toute la vîteſſe que nous fait appercevoir la propagation de la lumiére : chaque étoile fixe en envoye de même dans toutes les directions imaginables, & par une ſuite néceſſaire de cette hypothèſe, le flambeau qu'on allume pendant la nuit au milieu d'une grande plaine, n'y devient viſible qu'en rempliſſant à chaque inſtant de ſes écoulements lumineux un eſpace hémiſphérique qui peut avoir plus de deux lieues de diamétre.

Ainſi, ſelon ce dernier ſyſtême, la lumiére, ou ce qui nous fait voir les objets, eſt tantôt une ſubſtance céleſte qui part des aſtres, tantôt une matiére terreſtre que l'inflammation développe ; mais de quelque ſource qu'elle vienne, elle coule avec une rapidité

dont rien n'approche, & ſes parties ſe diviſent, ſe raréfient, s'étendent au point de former des volumes qui tiennent du prodige, eu égard au petit eſpace qui les contenoit auparavant, & au peu de tems qu'il faut pour leur faire prendre une ſi grande étendue.

S'il faut prendre un parti entre ces deux opinions, j'avoue franchement que la vraiſemblance me détermine pour la premiére. Elle a pourtant ſes difficultés que je ne diſſimulerai pas; & je n'y veux ſouſcrire qu'avec les reſtrictions & les changemens que les obſervations & l'expérience y ont fait faire, & que Deſcartes lui-même n'eût pas manqué d'y introduire conformément à ſa méthode, s'il eût aſſez vécu pour en avoir la néceſſité. Mais avec ces conditions il me ſemble qu'on eſt bien plus à ſon aiſe pour concevoir l'origine, la propagation & les effets de la lumiére, qu'en ſuppoſant des émiſſions effectives, continuelles & oppoſées entr'elles : ce qui met dans la néceſſité d'imaginer les accidents les plus biſares, pour prévenir ou réparer l'épuiſement des aſtres, des principes que la ſaine phyſique déſa-

XV. LEÇON.

voue, pour concilier des mouvements contraires qui devroient ſe détruire réciproquement, ou perdre leurs premiéres directions; des modes ou maniéres d'être dans la matiére, auſſi nouveaux qu'incompréhenſibles, pour ſe débarraſſer d'une ſurabondance de rayons qui devroient avoir comblé toutes les planetes depuis le tems qu'elles y ſont expoſées, & pour tâcher de trouver le vuide dans l'eſpace des cieux, par où les Newtoniens mêmes ne peuvent ſe diſpenſer de faire paſſer tous ces torrents de lumiére.

Je trouve donc que l'on fait moins de violence aux idées établies, & qu'on ſe rend plus intelligible, en diſant avec Deſcartes : « Les objets » viſibles, ainſi que les yeux, par leſ» quels ils doivent être apperçus, ſont » toujours plongés dans un fluide qui » s'étend ſans interruption des uns » aux autres : cette matiére intermé» diaire eſt ſuſceptible d'une eſpéce de » mouvement qui lui eſt propre, & qui » ne peut être ſenti qu'au fond de » l'œil, de même qu'il ne peut être » excité que par des corps flamboyans

ou comme tels. Dès qu'elle eſt agi- « tée de cette maniére, l'organe pla- « cé en quelque endroit que ce ſoit de « la ſphére d'activité, ne manque pas « d'en être affecté, & à cette occaſion « l'ame apperçoit & juge à une certai- « ne diſtance & dans la direction du « mouvement qui a fait impreſſion, « l'objet qui en eſt la cauſe. »

XV. LEÇON.

Si l'on a peine à croire que les choſes puiſſent ſe paſſer ainſi, on pourra ſe le perſuader en réfléchiſſant ſur l'uſage d'un autre ſens, deſtiné comme la vue à nous faire connoître les objets qui ſont hors de nous. Comment entendons-nous la voix d'un homme qui nous parle de loin pendant la nuit? Eſt-ce par des portions d'air rendues ſonores dans ſa bouche, & qui traverſent enſuite tout l'eſpace qui eſt entre cet homme & nous, pour venir frapper nos oreilles? On ſçait bien que cela ne ſe fait point ainſi: on ſçait qu'une même maſſe d'air d'une très-grande étendue reçoit ſans ſe déplacer l'action ou le trémouſſement du corps ſonore dans toutes ſes parties, & que toute oreille ſaine qui s'y trouve plongée participe au ſon

XV. Leçon.

que ce fluide tranſmet par la contiguité de ſes molécules. Cet exemple, que perſonne ne révoque en doute, ne ſuffit-il pas pour nous porter à croire que le corps lumineux, de même que le corps ſonore, fait paſſer ſon action à l'organe par un fluide qui lui ſert de véhicule ?

Mais quel eſt ce fluide ſubtil, qui peut ainſi, en tout tems & en tout lieu, nous faire paſſer en un inſtant des ténébres les plus épaiſſes à la plus brillante clarté ?

Les effets du feu portés juſqu'à l'inflammation, le font briller à nos yeux, & la clarté qu'il répand s'étend beaucoup au-delà de l'eſpace où il fait naître la chaleur : d'un autre côté les rayons du ſoleil qui ſont comme la ſource principale de la lumiére qui éclaire notre globe, échauffent & enflamment tout ce qu'on y expoſe, lorſque leur action eſt augmentée par le moyen des miroirs, ou autrement. Si la lumiére brûle & que le feu éclaire, n'eſt-il pas raiſonnable de penſer qu'un ſeul & même élément produit ces deux effets ; & que ſi l'un ſe voit ſans l'autre, c'eſt que tous

deux ne dépendent pas des mêmes circonſtances, quoiqu'ils aient un ſeul & même principe ? Cette penſée s'accorde bien avec la ſimplicité & l'œconomie qu'on voit régner dans toutes les opérations de la nature ; on peut l'admettre au moins comme une hypothèſe très-vraiſemblable, quoiqu'elle déroge à celle de Deſcartes qui faiſoit dépendre la lumiére & la chaleur de deux éléments différents.

Si l'on ſe détermine bien à croire que la matiére du feu eſt préſente dans preſque toutes les ſubſtances qui appartiennent à la terre, parce qu'on les voit s'échauffer ſenſiblement, & même s'embraſer par des chocs & des frottemens extérieurs, ou par des mouvemens inteſtins qu'on y excite, comme je l'ai fait voir dans la 13e. Leçon, on peut ſe perſuader auſſi par quantité d'exemples tirés des trois regnes de la nature, que la lumiére eſt également préſente par-tout, audedans comme au dehors des corps, & qu'il ne lui manque, pour ſe rendre ſenſible à nos yeux, qu'un certain mouvement & un milieu propre à le tranſmettre. Pluſieurs de ces exem-

XV. LEÇON.

ples font voir à quiconque n'a point de préjugé contraire, que ce qui brille à la ſurface d'un corps, peut auſſi faire naître & entretenir de la chaleur au-dedans, ſi quelque circonſtance de plus occaſionne ou favoriſe cet effet. Ceci peut ſe prouver par les expériences ſuivantes.

I. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

Il faut écrire de grands caractères ſur un carton noir avec un bâton de ce phoſphore dont il eſt fait mention dans la 4e Exp. de la 13e Leçon, * & porter enſuite ce carton dans un lieu bien obſcur.

* *Tom. 4. p. 229. & ſuiv.*

EFFETS.

Les caractères paroiſſent très lumineux : s'il fait chaud, leur lumiére eſt plus vive, mais elle ſe diſſipe plus promptement ; elle dure davantage & ſouffre quelques intermittences quand il fait froid ou humide : on la fait diſparoître entiérement en ſoufflant bruſquement deſſus avec la bouche

che ou avec un ſoufflet : après quoi elle ſe ranime d'elle-même ; le frottement la fait briller avec plus de force ; & ſi c'eſt avec le doigt que l'on continue de frotter, cette lumiére devient un feu ſenſible qui peut brûler la peau & cauſer une douleur aſſez vive ; pendant tout le tems que dure cette lumiére, il s'éleve continuellement aux endroits où les caractères ſont marqués, une vapeur blanchâtre qui a toute l'odeur du phoſphore.

EXPLICATION.

Les caractères formés avec le phoſphore ſur le carton doivent être conſidérés comme une légere couche de cette matiere que le frottement a détachée de la petite maſſe qui a la forme d'un crayon. La même cauſe en détachant ainſi les parties du phoſphore, a mis en action le feu élémentaire qu'elles renferment naturellement ; & comme elles ſont toutes prêtes à céder à cette action dès qu'elles ſont étendues & comme iſolées ſur une ſurface qui n'eſt couverte que d'air, elles ſe déſuniſſent, ſe diſſipent & laiſſent à découvert la petite

portion de feu qu'elles renfermoient entr'elles.

XV. LEÇON.

Ce ſont ces parties propres (*a*) du phoſphore qu'on voit s'exhaler en une fumée blanche, lorſque cette petite exploſion eſt paſſée. Si le vent les diſſipe auparavant, l'éclat de lumiére qu'elles devoient produire n'a pas lieu, les caractères ceſſent d'être lumineux juſqu'à ce que de nouvelles parties, cédant d'elles-mêmes au feu intérieur qui les anime, ne quittent que par cette cauſe le carton ſur lequel elles tiennent.

Ce qui prouve bien, ſelon moi, que cette diſſipation des parties du phoſphore eſt cauſée par une force interne & non par l'action du fluide ambiant, c'eſt qu'elle eſt plus prompte & plus grande dans le vuide que dans l'air libre: je l'ai expérimenté pluſieurs fois en coupant en deux parties égales

(*a*) J'entends ici par les parties propres du phoſphore, les autres ſubſtances avec leſquelles la matiere du feu eſt unie; je ne fais cette diſtinction que pour m'expliquer plus commodément: à parler exactement le feu élémentaire eſt une des parties propres du phoſphore; ſans lui, les autres principes compoſans ne ſeroient jamais phoſphore.

une carte ſur laquelle j'avois tracé des lignes avec du phoſphore, & en mettant l'un des deux morceaux dans un récipient de machine pneumatique où l'air étoit extrêmement raréfié, tandis que l'autre reſtoit ſur une table dans la même chambre : ſi celui-ci continuoit de luire pendant 25 minutes, il s'en falloit au moins de 5 ou 6 que la lumiére du premier ne durât autant ; mais elle étoit toujours bien plus vive.

La chaleur doit occaſionner le même effet que le vuide, comme je m'en ſuis aſsûré auſſi par l'expérience : la ſuppreſſion du poids de l'atmoſphére ou de ſa preſſion eſt un obſtacle de moins ; les parties du phoſphore étendues ſur le carton en ſont plus libres de ſe déſunir en cédant à la force expanſive qui les ſollicite à le faire : quelques dégrés de chaleur de plus dans le lieu où ſe fait l'expérience ajoutent une nouvelle activité au feu interne qui tend à ſe faire jour, & de l'une ou de l'autre maniére la lumiére des caractères doit paroître plus vive & ſe diſſiper plus promptement.

Le frottement fait encore plus ; il

irrite non-ſeulement le feu des parties les plus ſuperficielles, les plus promptes à vaincre l'adhérence qui les retient ſur le carton; mais il fait la même choſe pour celles qui ſont plus enfoncées, qui ſont couvertes & qui tiennent davantage : d'où il réſulte une chaleur ſenſible, quand la couche de phoſphore qui forme les caractères eſt un peu épaiſſe; non-ſeulement parce qu'il y a plus de feu en mouvement, mais parce que ce mouvement devient d'autant plus violent, que le feu élémentaire qui le reçoit ſe trouve engagé dans des obſtacles plus difficile à ſurmonter, comme je l'ai fait remarquer dans les deux derniéres Leçons.

Ainſi nous pouvons dire que l'élément du feu qui ſe dégage par lui-même & ſans être excité, de la matiére propre du phoſphore, n'a point ordinairement de chaleur ſenſible, à cauſe du peu d'effort qu'il a à faire pour rompre & diſſiper ſon enveloppe; mais cette foible action qui n'a point d'effet ſenſible ſur les autres corps, en a beaucoup encore, quand cet élément ne trouve à heurter que des parties de

ſon eſpéce, très-ſuſceptibles ſans doute de cette ſorte de mouvement dont il eſt lui-même animé. Il n'eſt pas ſitôt libre qu'il agite à ſa maniére, & juſqu'à une certaine diſtance, la matiére de la lumiére qui remplit l'eſpace où il éclate : & comme cette matiére pénétre ſans interruption juſqu'au fond de nos yeux, ces organes à qui la nature a donné le dégré de ſenſibilité proportionné à tel effet, en reçoivent l'impreſſion autant de tems, & dans le même ordre ſuivant lequel ces petites portions de feu brillent à la ſurface du carton.

II. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

On trouve dans pluſieurs endroits de l'Italie, & principalement auprès de Bologne, une pierre qui eſt aſſez communément de la groſſeur d'un œuf de poule, d'une figure irréguliérement arrondie, de couleur griſe & d'une nature talqueuſe. Cette pierre, ou quelqu'autre de celles qu'on y peut ſubſtituer, (*a*) ayant été calci-

(*a*) Je m'abſtiens encore ici, comme je l'ai

XV. LEÇON.

née au feu de charbon, & gardée dans une boîte garnie de coton ou de flanelle, s'expoſe pendant quelques minutes à l'air libre & au grand jour, mais plutôt à l'ombre qu'au ſoleil, après quoi on la retire pour être vue dans un lieu fermé & ſans lumiére; & afin que l'expérience réuſſiſſe mieux, il eſt à propos que ceux qui la doivent conſidérer ayent eu pendant quelque tems les yeux fermés, ou qu'ils ayent reſté pendant quelques minutes dans l'obſcurité.

Effets.

La pierre portée du grand jour dans l'obſcurité paroît lumineuſe comme un morceau de fer rougi au feu qui

déja fait dans pluſieurs endroits de cet ouvrage, de rapporter en détail les différentes préparations de la pierre de Bologne, & d'indiquer les autres eſpéces de pierres qu'on peut rendre lumineuſes comme elle par la calcination; en attendant l'ouvrage dans lequel je me propoſe d'enſeigner tous les procédés, que je ſuis obligé de ſupprimer ici pour ne point m'écarter par de trop longues digreſſions, ſi l'on veut s'inſtruire de tout ce qui convient pour répéter cette expérience, on pourra conſulter le cours de Chymie de Lémery, p. 828. & les Mém. de l'Acad. des Sciences, de 1730. p. 524.

commence à s'éteindre : cette lumiére dure pendant quelques minutes en s'affoibliſſant toujours de plus en plus, après quoi elle diſparoît entiérement.

La pierre de Bologne & toutes celles qui en ont les propriétés, ne montrent aucun dégré de chaleur ſenſible lorſqu'elles deviennent lumineuſes : quand on les a expoſées aux rayons du ſoleil, ou à l'ardeur du feu pour les échauffer, la lumiére qu'elles y prennent, eſt ordinairement moins forte que celle qu'elles reçoivent à la ſimple clarté du jour.

Quand ces pierres ont ſervi un grand nombre de fois, ou qu'elles ont été gardées long-tems à découvert dans un lieu éclairé, elles perdent peu à peu leur qualité ; mais on peut la leur rendre par une nouvelle calcination.

Enfin, ces pierres nouvellement préparées, & lorſqu'elles ſont en état de ſervir aux expériences, ont une odeur comme ſulphureuſe qu'on ne leur trouve pas quand on les tire de la terre.

XV. LEÇON.

EXPLICATION.

L'odeur que prend la pierre de Bologne en paſſant au feu, fait aſſez connoître que ſes ſoufres naturels ont été dégagés de la partie terreſtre & des autres principes au point de pouvoir paſſer aiſément du dedans au dehors : ces ſoufres ſubtiliſés contiennent comme tout le reſte des parcelles de feu, mais avec cette différence, qu'étant très-diſpoſés à obéir à la force expanſive de cet élément, leur inflammation ne tient preſque à rien; la lumiére ſeule du jour le plus foible eſt un feu ſuffiſant pour les allumer.

On peut donc conſidérer cette lumiére rougeâtre dont on voit luire la pierre de Bologne, comme une flamme très-légere qui brille dans les pores de cette matiére calcinée & à travers les parties terreſtres qui n'ont qu'une tranſparence imparfaite. Une flamme auſſi légere ne peut cauſer de chaleur ſenſible, c'eſt un feu qui éclate preſque ſans réſiſtance. Elle s'éteint après quelques minutes, parce que les parties enflammées ſe ſont diſſipées, & parce que ce feu n'a point la force de

de ſe communiquer à celles qui ſont plus profondément engagées dans la maſſe. XV. LEÇON.

Bien loin de rendre la pierre plus lumineuſe en l'expoſant aux rayons du ſoleil ou à l'ardeur d'un grand feu, il ſemble au contraire qu'on diminue par-là l'éclat de ſa lumiere : apparemment, parce qu'il ſe fait alors une trop prompte & trop grande diſſipation des parties inflammables de la ſuperficie ; ou peut-être que l'agitation cauſée aux parties les plus groſſiéres de la pierre qui devient chaude, fait obſtacle à la régularité du mouvement qui convient à la lumiére.

C'eſt peut-être auſſi par une diſſipation plus lente de ces parties inflammables de la ſuperficie, que la pierre perd ſa qualité avec le tems : on peut au moins le ſuppoſer, puiſqu'elle ſe conſerve plus long-tems étant enfermée dans du coton, comme ſi, lorſqu'on l'enveloppe de cette maniére & qu'on la tient hors du jour, on lui épargnoit une inflammation qui diſſipe ce qui la fait luire; & puiſqu'elle ſe rétablit par une nouvelle calcination, comme ſi l'action du feu faiſoit

remonter de nouveaux ſoufres à la ſuperficie.

III. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

Prenez une ſerviette de linge uni, blanche de leſſive, paſſablement fine, & qui ſoit bien ſeche : préſentez-la au feu juſqu'à ce qu'elle ſoit fort chaude, & portez-la promptement dans un lieu obſcur pour la ſecouer en paſſant la main bruſquement deſſus, ou en la faiſant gliſſer entre les doigts : un tems ſec & frais eſt plus propre pour cette expérience que celui qui ſeroit humide & chaud.

EFFETS.

On voit pétiller comme des étincelles de feu ſur la ſerviette, & l'on remarque des taches & des traînées de lumiére adhérentes aux endroits qui ſont frottés avec force entre les doigts ou avec le plat de la main.

EXPLICATION.

Le linge, ainſi que les autres corps, contient dans ſes parties cet élément

par le moyen duquel les objets deviennent lumineux ou viſibles. Cette matiére retenue & enveloppée par les parties propres du linge a beſoin d'être excitée pour ſe faire jour, & paroître au-dehors : la chaleur la diſpoſe à cet effet, & le frottement fait le reſte.

On peut dire auſſi que la ſerviette expoſée au feu de fort près, a reçu des parties ignées encore engagées dans la matiére combuſtible avec laquelle elles ſe ſont échappées du foyer, & auſquelles il ne manque pour éclater que quelques dégrés d'activité de plus, que les ſecouſſes & le frottement de la main leur fait prendre.

Quoi qu'il en ſoit, il y a tout lieu de croire que cette lumiére qui paroît par étincelles ou par traînée ſur le linge, n'eſt autre choſe que du feu, puiſque la chaleur la diſpoſe à luire, & qu'elle s'excite, comme le feu, par le frottement des parties qui la contiennent; mais c'eſt un feu qui réſide dans les pores les plus ouverts & à la ſurface du linge, & qui s'allumant avec une très-grande facilité, ſe diſſipe auſſi ſans rien brûler, ſans produire aucune chaleur ſenſible.

XV. LEÇON.

APPLICATIONS.

Les corps qui luiſent dans l'obſcurité, ſans qu'on les allume par le moyen d'un feu étranger, ſe nomment *phoſphores*, c'eſt-à-dire, *porte-lumiére*. On n'en connoiſſoit autrefois qu'un très-petit nombre; mais depuis un ſiécle ſur-tout qu'on s'eſt mis à cultiver la phyſique par la voie de l'obſervation & de l'expérience, ces merveilles ſe ſont rencontrées ſi ſouvent & ſe ſont tellement multipliées, qu'il faudroit à préſent faire un volume aſſez ample pour les comprendre toutes. Je dois m'abſtenir d'un détail qui m'écarteroit trop de mon objet principal; mais je ne puis me diſpenſer de rapporter ici, par forme d'extrait, ce qu'il y a de plus curieux à ſçavoir en ce genre, d'autant mieux, que rien n'eſt plus propre à montrer ce que j'ai maintenant en vue, je veux dire, la préſence de la matiére de la lumiére dans tous les corps, dans tous les eſpaces, & ſon identité avec celle que nous avons nommée ci-devant *feu élémentaire*; car il eſt peu de ces phoſphores à qui l'on ne puiſſe appliquer, d'une maniére

aſſez plauſible, ſi je ne me trompe, quelqu'une des explications dont je viens de faire uſage, pour rendre raiſon des trois expériences précédentes. XV. LEÇON.

On peut diſtinguer en général deux ſortes de phoſphores, les uns que nous nommerons *naturels*, parce qu'ils luiſent d'une lumiére ſpontanée, ſans préparation, ou au moins par des diſpoſitions qu'ils acquerent d'eux-mêmes: les autres que nous appellerons *artificiels*, parce qu'ils ne deviennent phoſphores que par des moyens inventés par l'art : on trouve des uns & des autres dans les trois regnes qu'embraſſe l'Hiſtoire Naturelle.

Tout le monde connoît ici cet inſecte rampant qui brille pendant la nuit dans les campagnes, & qu'on nomme pour cela *ver-luiſant*. Ce petit animal qui ſemble éclairer les pas du voyageur, eſt la femelle d'un ſcarabée (*a*) de couleur brune qui a des aîles, & à qui cette lumiére (qu'il n'a preſque pas lui-même) fait appercevoir de

(*a*) On appelle *ſcarabées*, en général, ces inſectes volans, dont les aîles ſe renferment ſous des foureaux écailleux : le hanneton, par exemple, eſt un ſcarabée.

XV. LEÇON.

loin le ſujet auquel il doit ſe joindre pour perpétuer ſon eſpéce. Le ver n'eſt point lumineux dans tout ſon corps; il ne l'eſt que par le deſſous du ventre, dont la peau eſt tranſparente: la lumiére qu'il répand appartient à une matiére fluide qu'il a dans les inteſtins, & qui luit encore pendant quelques minutes après qu'on l'a fait ſortir en preſſant la partie qui la contient. Il ſemble cependant qu'il eſt au pouvoir de l'animal de la laiſſer luire ou de l'éteindre pour un tems; car il ne brille pas toujours avec le même éclat, & quelquefois il ne brille pas du tout: ce qui me fait croire que cette eſpéce de phoſphore qui fait partie de l'animal, & qui ſemble être ſoumis à ſa volonté, eſt une matiére dans laquelle l'élément du feu n'eſt que très-légérement engagé; de ſorte qu'il s'anime avec facilité au point qu'il faut pour allumer ſeulement une matiére toute ſemblable qui réſide au dehors.

Je penſe la même choſe d'une infinité d'autres animaux qui ont cette ſinguliére propriété de luire dans les ténébres; car on en trouve par-tout,

& l'on pourroit dire que chaque élément habitable a les ſiens. Dans les pays ſeptentrionaux de l'Europe, & même au centre de la France, il n'y a que de ceux qui rampent ſur la terre; mais en Eſpagne, en Italie, en Sicile, & même dans quelques-unes de nos provinces méridionales, pendant les nuits d'été, l'on voit étinceller l'air de toutes parts. Ce ſpectacle, qu'un étranger ne ſe laſſe point d'admirer, vient d'un petit ſcarabée (*a*) aſſez ſemblable au mâle de notre ver-luiſant dont j'ai fait mention ci-deſſus. Cet inſecte ſe multiplie prodigieuſement dans certaines années: ſa lumiére qui part du ventre eſt continue & ſi forte, que deux ou trois de ces petits animaux que j'avois renfermés dans un tube de verre, me faiſoient voir diſtinctement tous les objets de ma chambre pendant la nuit la plus noire. Cette lumiére devient encore plus vive & augmente, comme par élancement, lorſque l'animal vole, ou qu'on l'agite. Valiſnieri avoit cela, ſans doute, en vue, lorſqu'il diſoit que les inſectes lumineux de ſon pays imitoient

XV. LEÇON.

(*a*) On le nomme en Italie *Lucciola*.

XV. LEÇON.

aſſez bien les étoiles du Ciel, tant par l'éclat, que par la figure de leur lumiére (*a*).

Ce que j'ai fait par forme d'expérience avec les ſcarabées lumineux d'Italie, les payſans le font par uſage, & pour leur commodité, dans les Antilles & dans pluſieurs endroits des Indes, avec un autre inſecte beaucoup plus gros, & qui jette une lumiére bien plus grande & plus durable. C'eſt une eſpéce de mouche fort groſſe que Mlle Merian a décrite parmi les inſectes de Surinam & ſur laquelle M. de Reaumur (*b*) a fait de nouvelles remarques. Les habitants du pays s'en éclairent, dit le P. du Tertre (*c*), tant pour aller & venir, que pour travailler pendant la nuit; le même animal dure environ 15 jours, après quoi on le renouvelle.

La mer poſſéde auſſi de ſemblables merveilles : on voit briller de ces feux vivans juſques dans le ſein des eaux. Sans parler des dails, ni de quelques

(a) *Non mancandovi luminoſi viventi, delle vere ſtelle nella figura è nella luce gentiliſſimi emulatori.* Raccolta di varie oſſerv. p. 217.

(*b*) Hiſt. des Inſectes, Tom. V. p. 192.

(*c*) Dans ſon Hiſt. gén. des Antilles.

autres coquillages admis depuis longtems au rang des phoſphores, je puis dire, pour l'avoir obſervé moi-même en 1749, que pendant l'été, les bords de l'Adriatique & de la Méditerranée fourmillent de petits animaux moins gros que des têtes d'épingles, & qui étincellent d'une maniere admirable : on en voit ſur-tout une très-grande quantité dans les *lagunes* de Veniſe, aux endroits où il y a de la mouſſe ou de cette herbe qu'on nomme *algue marine.* C'eſt-là que j'en fis la découverte après avoir cherché avec beaucoup d'empreſſement & d'aſſiduité, quelle pouvoit être la cauſe de tous ces feux que je voyois pétiller le ſoir ſous les coups de rames, à la rencontre des gondoles, & le long des murs battus par les flots. J'avois été prévenu, comme je l'ai appris depuis par M. Vianelli, Docteur en Médecine, établi à Chioggia. On peut voir dans une brochure (*a*) qu'il fit imprimer

(a) *Neuove ſcoperte intorno le luci notturne dell' aqua marina, &c.* in Venezia 1749. En liſant l'avant-propos de cet ouvrage, p. 10. on pourroit croire que c'eſt ſur le récit que l'on

XV. LEÇON.

à Veniſe, quelques mois après mon départ, & qui m'a été envoyée depuis mon retour en France, on peut voir, dis-je, la figure de cette inſecte que je crois être du genre des ſcolopendres, quoiqu'à dire vrai, ne l'ayant pu voir qu'avec une loupe, & n'ayant point eu toutes les commodités néceſſaires pour le bien examiner, je ne puis aſſûrer que j'aie vu tout ce que repréſente le deſſein de M. Vianelli.

m'a fait de la découverte de M. Vianelli, que j'ai reconnu que la lumiére nocturne des eaux de Veniſe étoit cauſée par des inſectes; mais il eſt exactement vrai que ce récit ne me fut fait qu'après mon obſervation, dans la maiſon de S. E. Mr. Angelo Quirini, & en préſence de huit ou dix perſonnes, qui ne me refuſeroient pas leur témoignage ſi j'en avois beſoin. Je ſuis perſuadé que M. Vianelli m'auroit épargné le ſoin de mettre ici cette note, s'il avoit ſçu comment les choſes s'étoient paſſées; & je m'en ſerois diſpenſé moi-même, ſi je n'avois d'autre intérêt que de me conſerver la part que je puis avoir à la découverte en queſtion: mais j'ai fort à cœur que l'on ne croye pas que j'aie voulu me l'approprier, comme on auroit raiſon de le penſer, s'il étoit vrai que j'en euſſe été inſtruit avant que d'obſerver les inſectes lumineux, & ſi, lorſque j'ai fait mention de ma découverte, je n'avois rendu ſur cela toute la juſtice qui eſt due à M. Vianelli. Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, 1750. p. 59.

Non-ſeulement on voit luire quantité d'animaux à qui la nature accorde cette propriété pour tout le tems qu'ils ont à vivre, comme on l'a vu par les exemples que je viens de citer; mais il ſemble que ceux-là mêmes qui ne jettent aucune lumiére de leur vivant, ſoient tous capables de devenir lumineux après leur mort, au moins par quelques-unes de leurs parties, lorſqu'un certain dégré de fermentation ou de pourriture a mis la matiére propre de la lumiére qui réſide dans ces parties, comme par-tout ailleurs, en état de ſe dégager & de paroître à découvert. On a vu à Orléans, & ailleurs, toute la viande d'une boucherie ſe couvrir de taches lumineuſes, inſpirer de la crainte ſur l'uſage qu'on en devoit faire, & attirer l'attention des Magiſtrats. On voit ſouvent des reſtes de poiſſons briller au coin des rues ou dans les cloaques qui ſervent de décharges aux grandes cuiſines; le poil des chats, & celui de pluſieurs autres animaux étincellent ſous la main, & ſur-tout quand il fait froid; quantité de perſonnes ne peuvent ſe peigner dans l'obſ-

XV. LEÇON.

curité, ſans faire voir, ſans entendre même, ſortir du feu de leur chevelure. Ce ſont des lueurs de cette eſpece qui effrayent les valets d'écurie, & qui leur font dire, que certains chevaux ſont panſés par des *eſprits folets*. On a vu même de tout tems certaines vapeurs graſſes ou ſpiritueuſes exhalées des corps vivans, s'enflammer comme d'elles-mêmes, & produire un feu ſi léger, qu'il n'étoit ſenſible que par ſa lumiére: c'eſt ce qu'on trouve ſous le nom de *ignis lambens* dans les auteurs, tant anciens que modernes. (*a*)

Des matiéres animales, ſi nous paſſons aux végétales, nous en trouverons encore un grand nombre qui brillent d'une lumiére naturelle & ſpontanée. Qui eſt-ce qui ne ſçait pas que les bois tendres & morts, lorſqu'ils ſont pourris à un certain point, gardent,

(*a*) Virgil. Eneid. Lib. II.

Ecce levis ſummo de vertice viſus Iuli
Fundere lumen apex, tactuque innoxia molli
Lambere flamma comas & circum tempora paſci.

On trouve des exemples ſinguliers de ces vapeurs lumineuſes dans Valiſnieri, t. 3. p. 212. & ſuiv. & dans un traité d'Ezéchiel de Caſtris, qui a pour titre : *Ignis lambens*.

pour ainſi dire, pendant la nuit la lumiére qui les a éclairés pendant le jour, & ſi l'on en croit quelques auteurs célébres, * ce phénoméne eſt ſi puiſſant & ſi commun dans le nord, que les voyageurs, pour marcher d'un pas sûr pendant la nuit, font porter devant eux par leurs guides des morceaux de ce bois lumineux qui les éclaire ſuffiſamment.

XV. Leçon.

* *Olaus magnus, Oviedo, &c.*

On n'avoit encore reconnu cette propriété que dans un petit nombre de matiéres de ce genre, lorſque M. Beccari, Profeſſeur de Chymie, & membre de l'Acad. de l'Inſtitut de Bologne, ſoupçonna qu'elle pourroit bien appartenir à beaucoup d'autres eſpeces, avec la différence, peut-être, du plus au moins, ſoit pour la durée de ſa lumiere, ſoit pour ſon dégré de force. Le moyen qu'imagina cet ingénieux Phyſicien pour en faire l'épreuve, mérite d'être rappporté. Il ſe fit faire une loge portative, qui pouvoit ſe fermer de façon à ne laiſſer aucun accès à la lumiére du dehors, & à l'un des côtés de cette loge, il fit pratiquer un tour ſemblable à ceux des couvents de religieuſes; moyen-

XV. LEÇON.

nant cet appareil, il pouvoit reſter long-tems ſans voir le jour, diſpoſer par-là ſes yeux à ſentir une lumiére foible, faire paſſer autant de fois qu'il vouloit, & preſque ſubitement, les corps qu'il avoit en vue d'éprouver, du grand jour dans la plus parfaite obſcurité, conditions toutes néceſſaires dans des expériences de ce genre.

En procédant ainſi, M. Beccari a reconnu que le bois de ſapin ſec, & tel que l'employent les ouvriers, différentes écorces d'arbres & de plantes dont la couleur tiroit ſur le blanc, le coton, le ſel concret des plantes, le tartre, le ſucre & la cire blanche, la toile de lin, celle de chanvre, & par-deſſus tout, le papier, ſont autant de phoſphores naturels qui s'allument à la clarté du jour, & qui continuent de luire pendant quelques minutes dans l'obſcurité, quoique d'une lumiére plus foible que celle des bois pourris.

Le même Phyſicien a fait de ſemblables recherches ſur les matieres animales & ſur les foſſiles : quant à celles-ci, il avoit été prévenu en quelque choſe par Boyle & par M. Dufay,

Le premier ayant rencontré par hazard un diamant qui étoit lumineux lorſqu'on le portoit du grand jour dans l'obſcurité, l'examina de toutes façons, & en fit le ſujet d'un petit traité, (*a*) où l'on trouve des obſervations curieuſes. Le ſecond partant de ce premier fait & de quelques autres à peu près ſemblables produits par différentes perſonnes, étendit beaucoup ces découvertes, en faiſant voir que la propriété de luire ainſi dans les ténébres appartenoit à preſque tous les diamans, principalement à ceux qui ſont jaunes, & à quantité d'autres pierres fines.

M. Dufay voyant donc ces phoſphores naturels ſe multiplier ſans fin, exhorta les Phyſiciens à prendre part à ſon travail, & à l'aider dans une moiſſon nouvelle qui lui paroiſſoit intariſſable : c'eſt apparemment par cette invitation que M. Beccari fut déterminé à ſuivre les recherches qu'il avoit déja commencées ſur de pareils

(*a*) *Adamas lucens* Ce diamant qui appartenoit à M. Clayton fut acheté par le Roi Charles II. comme une rareté ; car d'ailleurs, c'étoit une pierre d'une vilaine eau, & aſſez défectueuſe.

XV. LEÇON.

ſujets. On voit par la lecture de ſon excellent traité, (*a*) que différentes eſpéces de terres, de ſables, de pierres dures, tendres, opaques, tranſparentes, figurées & autres, les concrétions pierreuſes, les matieres animales pétrifiées, les ſels, &c. brillent dans l'obſcurité d'une lumiére plus ou moins vive, quand ils ont été auparavant expoſés au grand jour.

En continuant ſes épreuves ſur le regne animal, il vit briller de même les os, les dents, les bezoars, les pierres des reins & de la veſſie, celles qu'on trouve dans la tête des poiſſons, & plus que toutes choſes, les coquilles d'œufs; de ſorte que de toutes les eſpéces qui compoſent la nature, ſi l'on en excepte les métaux, & ce qui en contient, comme auſſi les corps d'une couleur obſcure, on peut dire qu'il y en a peu qui ne fourniſſent des exemples de ces corps lumineux: je m'exprime ainſi pour faire entendre que cette qualité n'appartient pas tou-

(*a*) *De quamplurimis phoſphoris nunc primùm detectis commentarius*. Bonon. 1744. Cet ouvrage a eu une ſuite qui ſe trouve dans les *Mém.* de l'Acad. de l'Inſtitut de Bologne, tom. II. part. 3. p. 498.

jours

jours à l'eſpéce entiere, mais ſouvent à certains individus de chaque eſpéce; tous les diamans blancs, par exemple, ne la poſſédent pas, & ceux qui l'ont ne montrent rien de remarquable, à quoi l'on ait pu juſqu'à préſent attribuer cet effet.

XV. LEÇON.

Des phoſphores naturels, paſſons à ceux que l'art nous a procurés : il s'eſt exercé de même ſur les trois regnes. Les différentes préparations par leſquelles on parvient à rendre les matieres lumineuſes, ou propres à le devenir, peuvent ſe réduire à trois principales. Il ſuffit ſouvent de les échauffer, de les deſſécher, ou de les cuire par un dégré de feu médiocre, qui laiſſe ſubſiſter la plupart de leurs qualités ſenſibles; d'autres fois cela ſe fait par une forte calcination qui cauſe des changemens conſidérables juſques dans les moindres parties ſans défigurer la maſſe. Enfin on les prépare encore par des diſſolutions, des mélanges, & enſuite par l'action d'un feu violent; ce qui fait, pour ainſi dire, changer de nature à ces ſubſtances, & leur fait prendre de nouvelles formes.

XV. LEÇON.

Par le premier de ces trois procédés, M. Becarri eſt venu à bout de donner la qualité de phoſphores à quantité de matieres qui ne l'ont pas naturellement : & parmi celles qui l'ont, il en a trouvé pluſieurs qu'un certain dégré de chaleur, le deſſéchement, ou la cuiſſon, faiſoit briller d'une lumiére bien plus ſenſible : tels ſont, par exemple, la chair de volaille, les os, les nerfs, les ſucs épaiſſis, comme la colle de bœuf & celle de poiſſon, le fromage, &c. & parmi les végétaux, les amandes, l'intérieur des châtaignes, les feves, la mie de pain, & même le café, pourvu qu'il ne ſoit pas brûlé juſqu'au brun, comme il l'eſt ordinairement. Mais rien de tout cela ne paroît plus remarquable que ce qui arrive au papier : la feuille ſur laquelle on a appliqué pendant quelques minutes une plaque de métal chauffée, en porte l'image très-lumineuſe dans l'obſcurité ; & cette empreinte eſt ſi bien terminée, qu'on pourroit avec des cuivres découpés & chauffés imprimer de cette maniére toutes ſortes de deſſeins luiſans, par leſquels on ne manque-

roit pas de ſurprendre des gens qui n'en ſeroient pas prévenus.

On peut regarder la pierre de Bologne comme l'origine & le premier exemple des phoſphores qui ſe font par la ſimple calcination : cette découverte qui fut l'effet du hazard, frappa tellement les Phyſiciens & les Naturaliſtes, qu'elle devint le ſujet de pluſieurs ſçavans traités. Mais comme il arrive preſque toujours, on s'accoutuma peu à peu à cette merveille : on lui chercha des émules parmi d'autres eſpéces à peu près ſemblables, & l'on en trouva dans le pays même (*a*) : enfin cela devint une choſe fort commune. M. Dufay fit voir en 1730, dans un mémoire que j'ai déja cité plus haut, que la topaſe des Droguiſtes, les belemnites, les albâtres, les marbres, les gyps, les coquilles pétrifiées tendres, les pierres à chaux, & aſſez généralement, toutes celles qu'un eſprit acide peut diſſoudre, imitoient par leurs effets la pierre de Bologne, avec cette différence qu'elles n'avoient pas toutes

(*a*) Mentzelius, ſect. 2. chap. 5. en compte cinq eſpeces dans les environs de Bologne.

XV. LEÇON.

une lumiere, ni auſſi vive, ni auſſi durable quelle, mais que leur vertu, comme la ſienne, pouvoit ſe ranimer par une nouvelle calcination.

Balduinus (ou Baudouin) chymiſte Allemand, prépara à deſſein, ou rencontra par hazard une matiére dont il annonça (*a*) les effets, comme ayant beaucoup de reſſemblance avec ceux de la pierre de Bologne; mais il s'exprima ſur cette découverte en terme ſi énigmatiques, que ceux qui voulurent l'imiter furent obligés de deviner. Les grands maîtres s'en mêlerent & l'on apprit enfin par Kunckel, Boyle, Lemery, &c. qu'une diſſolution de craye par l'eau forte évaporée & calcinée enſuite, étoit un phoſphore dont les effets répondoient à ceux que Balduinus attribuoit à ſon *phoſphore hermétique.*

Avec cette clef M. Dufay pénétra beaucoup plus loin: les phoſphores de cette eſpéce ſe multiplierent tellement entre ſes mains, que pour en faire connoître la quantité, il trouva plus commode de nommer les matiéres qu'il falloit excepter. « A la réſerve,

(*a*) In app. ad. an. 4, & 5. natur. curioſ. p. 171.

dit-il, des pierres dures & impénétrables aux acides, comme les agathes, les jaſpes, les cailloux, le porphyre, le grais, le ſable, le cryſtal de roche, celui d'Iſlande, le ſable de riviére, la pierre de lar, la pierre de la croix, l'ardoiſe, le vrai talc, les pierres précieuſes, dont aucune ne m'a réuſſi; il n'y en a peut-être point qui ne ſoit lumineuſe, ſoit par la ſimple calcination, ſoit par la préparation que nous avons rapportée, ou même des deux maniéres. » *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1730. *p.* 528.

Diſons encore avec le même Académicien : « Dans quel étonnement ne ſeroient point aujourd'hui ceux qui ont fait des volumes entiers pour faire l'éloge des propriétés merveilleuſes de la pierre de Bologne, s'ils voyoient qu'il eſt preſqu'impoſſible de trouver quelque matiere dans le monde, qui n'ait pas les mêmes avantages: & ce ſera dorénavant un phénoméne ſingulier, qu'une matiére qu'on ne pourra rendre lumineuſe, ni par calcination, ni par diſſolution. *ibid. p.* 534. ».

Je goûte encore tout-à-fait cette

XV. LEÇON.

ingénieuſe penſée de M. Beccari, que l'on trouve à la fin de ſon ouvrage ci-deſſus cité. « De même, dit, il, » que pluſieurs phyſiciens ont penſé » avec toute ſorte de vrai-ſemblance, » qu'il n'y a aucun corps abſolument » privé de chaleur, on pourroit dire » auſſi qu'il n'y en a aucun parfaite- » ment obſcur. » En effet, toutes les matiéres recelant dans leur intérieur, le principe de l'inflammation & de la lumiére, peut-être ſont-elles ſujettes à de foibles embraſemens qui ſe renouvellent autant de fois qu'on les expoſe à la clarté des corps lumineux, & ſi nous n'appercevons ces effets que dans certaines eſpéces, & dans des cas particuliers, on peut croire que ce n'eſt point parce qu'ils ſont rares, mais plutôt parce que nos ſens ne ſont point aſſez délicats pour les ſentir par-tout où ils exiſtent. (*a*)

L'EXTREME vîteſſe avec laquelle la lumiére agit à la plus grande diſtance où la vue puiſſe atteindre ſur la terre,

(*a*) On doit joindre à l'article des phoſphores artificiels, ce qui a été dit dans la XII. Leçon du phoſphore de Brant, & de celui de Homberg.

à dû faire penſer d'abord, que ſon mouvement étoit abſolument inſtantané : & c'eſt l'idée que Deſcartes s'en étoit formée, avant qu'il y eût des raiſons capables de faire penſer autrement : mais en 1675 le célébre Dominique Caſſini obſerva dans le retour des éclipſes du premier ſatellite de Jupiter un retardement qui le porta à croire, que la lumiére employoit environ 14 minutes à traverſer le diamétre entier de l'orbe annuel de la terre, & que nous ne recevions qu'au bout de 7 minutes la lumiére émanée du ſoleil qui occupe à peu près le centre de cet orbe. Il eſt vrai que par de fortes raiſons il ſe crut obligé d'abandonner enſuite cette conſéquence; mais M. Roemer l'ayant adoptée, & après lui M. Bradlay, l'un & l'autre par de longues ſuites d'obſervations, établirent cette opinion de maniére qu'elle eſt aſſez univerſellement reçue, & qu'on ne doute preſque plus que le mouvement de la lumiére ne ſoit progreſſif.

Bien des gens en tirent tout de ſuite cette conſéquence, que la propagation de la lumiere ne ſe fait donc pas

XV. LEÇON.

comme le penſent les Cartéſiens, par un ſimple mouvement de preſſion, que le corps lumineux imprime à un fluide préſent par-tout, mais par une véritable émiſſion qui fait paſſer réellement les parties de ce fluide depuis leur ſource juſqu'au terme de leur tranſlation, en quoi je trouve qu'on va trop loin, ſans néceſſité & ſans fruit : je dis ſans fruit ; parce que la lumiere émanant ſans ceſſe des aſtres par un mouvement progreſſif de ſes parties, produiroit toujours dans l'eſpace des cieux cette plénitude incommode dont on cherche à débarraſſer le ſyſtême des attractions : j'ajoute, ſans néceſſité, parce qu'il me ſemble qu'on peut concilier la nouvelle découverte avec le ſentiment des Cartéſiens d'aujourd'hui touchant la propagation de la lumiére.

En ſuppoſant, en effet, comme une vérité hors de conteſtation, que l'action de la lumiére ſouffre un retardement de 7 à 8 minutes, (*a*) lorſque le

(*a*) Les Sçavans ont varié ſur la quantité de ce retardement : les uns ont dit 7, les autres 8 minutes, & M. Newton lui-même a paſſé de la premiére eſtimation à la ſeconde.

corps

corps lumineux qui la met en mouvement eſt à une diſtance de 32 ou 33 millions de lieues, ou environ, (*a*) eſt-il néceſſaire, pour en rendre raiſon, de faire parcourir réellement, & en ſi peu de tems, cet eſpace immenſe à chaque globule de lumiére, de ſuppoſer aux rayons de ce fluide une vîteſſe qu'on peut à peine concevoir, telle en un mot qu'elle ſurpaſſe plus de ſeize cens mille fois la rapidité d'un boulet de canon qui parcourroit uniformément 600 pieds par ſeconde?

Je vois bien qu'il ne faut plus tenir rigoureuſement à la penſée de Deſcartes, & que le rayon de globules lumineux qui s'étend d'un aſtre à mon œil ne peut pas être maintenant comparé à un bâton ou à une file de petits corps parfaitement contigus, & d'une inflexibilité abſolue: mais qui nous empêche de les conſidérer, ces particules, comme autant de petits balons, ou de petits pelotons élaſtiques, & d'une contiguité

(*a*) On voit bien que je ne prétends pas donner ici la juſte diſtance du ſoleil à la terre: c'eſt une queſtion ſur laquelle les Aſtronomes mêmes ne ſont pas bien d'accord.

XV. LEÇON.

un peu moins rigoureuſe? Avec ces deux ſuppoſitions qui nous écartent d'une préciſion qu'on auroit peine à admettre, & qui nous rapprochent des voies ordinaires de la nature (qui ſouffre par-tout des à-peu-près) je conçois ſans peine que l'action du corps lumineux dans toute la longueur du rayon qui doit la tranſmettre, ne ſera inſtantanée que pour nos ſens, & dans le cas d'une diſtance très-bornée; mais que cette tranſmiſſion, quelque prompte & quelqu'inſenſible qu'elle puiſſe être, exige une ſucceſſion réelle d'inſtans, dont la ſomme peut devenir très-remarquable, ſi le chemin que la lumiére doit parcourir eſt fort long.

J'avoue qu'en entendant ainſi la propagation de la lumiére, on eſt arrêté par des difficultés; mais l'autre opinion a auſſi les ſiennes, & je les trouve encore plus grandes.

On vous fait voir, par exemple, pendant la nuit une partie conſidérable du ciel par un trou d'épingle, & l'on vous dit: Eſt-il poſſible que la petite portion de lumiére qui remplit ce trou, reçoive & tranſmette diſtinc-

tement les mouvemens imprimés par tant d'étoiles, à un nombre égal de files de globules ? A quoi je réponds : Eſt-il plus aiſé de croire que ce trou, tout petit qu'il eſt, devienne le paſſage commun d'autant de petits torrents de lumiére qui coulent avec une rapidité inexprimable, qui s'y croiſent ſans ſe confondre, & qui s'y heurtent ſans rien perdre de leur premiére direction ? Quelque parti qu'on prenne, il y a certainement de quoi s'étonner : mais le premier des deux me paroît moins violent.

On objecte encore, que ſi la lumiére étoit preſente par-tout, & qu'elle devînt ſenſible par la ſeule action des corps lumineux, il n'y auroit jamais de ténébres, parce que cette preſſion, ce choc ſe diſtribueroient confuſément dans toutes ſortes de directions, & à toute la maſſe de ce fluide, comme il arrive à une liqueur contenue dans un tonneau, lorſqu'elle eſt frappée par quelque endroit que ce ſoit.

Mais les arguments que l'on tire de pareilles comparaiſons ne ſont pas aſſez concluants ; parce qu'il y a toujours beaucoup de diſparité, & qu'on

XV. LEÇON.

eſt en droit d'en ſuppoſer encore plus qu'on n'en apperçoit, attendu le peu de connoiſſance que nous avons de ces grands reſſorts de la nature. Le *tonneau* qui contient la lumiére que le ſoleil anime, ce n'eſt pas moins que l'univers ; & ſi dans l'exemple dont on veut ſe prévaloir, l'eau n'eſt ſecouée également dans toutes ſes parties qu'à cauſe de la réaction prochaine du vaiſſeau, on aura peine à trouver quelque choſe qui réponde à ces parois ſolides & rapprochées, quand on prétendra que le même effet doit ſe trouver dans le vaſte fluide qui reçoit l'action des aſtres & des autres corps lumineux.

D'ailleurs, quand un rayon ſolaire eſt introduit dans une chambre obſcure, il n'eſt pas vrai, ſi l'on veut parler exactement, que la chambre ne ſoit éclairée que dans la direction de ce jet de lumiére vive ; elle l'eſt encore, quoique plus foiblement, dans les autres endroits : ſans cela verroit-on le rayon ailleurs que dans lui-même ? L'œil placé à côté & à une diſtance aſſez conſidérable, l'apperçoit, comme l'on ſait, très-diſtinctement ; ce

qui prouve que toute la lumiére éteinte qui remplit la chambre, reçoit quelque ébranlement de celle qui forme le rayon ; à peu-près comme l'air qui ne reçoit pas le ſon directement à cauſe de quelque obſtacle impénétrable, ne laiſſe pas que de retentir un peu, par la ſecouſſe qu'il reçoit, des rayons ſonores qui paſſent au-deſſus, ou à côté.

On me répliquera, ſans doute, que cette lumiere qui ſe fait ſentir hors du rayon, eſt un effet de la réflexion cauſée par l'air dans lequel il paſſe, ou par les pouſſieres dont ce fluide eſt toujours chargé ; mais je puis répondre que j'ai vu encore aſſez diſtinctement ce même jet de lumiére, lorſque j'avois ſoin de le faire paſſer par un tuyau de verre bien net, dans lequel j'avois fait le vuide, le plus parfait qu'il eſt poſſible de faire, avec une bonne machine pneumatique (*a*). Les réflexions alors devoient être nulles,

(*a*) Cette expérience exige beaucoup de ſoins, & des précautions aſſez délicates. Il faut 1°. que la chambre ſoit bien obſcure. 2°. Que le jet de lumiére vienne directement du ſoleil dans un beau jour d'été. 3°. que ce rayon ſolaire ait au moins un pouce de diamétre.

XV. LEÇON.

ou comme telles, puiſque l'air avoit été pouſſé à ſes derniers dégrés de raréfaction, & que les petits corps étrangers qui s'y trouvent ordinairement mêlés, s'en étoient ſéparés dès les premiers coups de piſton (*a*).

Enfin, l'on objecte encore, contre l'opinion Cartéſienne, que dans un eſpace rempli de globules on ne conçoit pas comment les impulſions pourroient toujours ſe communiquer en lignes droites; parce qu'il n'eſt pas poſſible, dit-on, de ſuppoſer que tous les centres de ces petites ſphéres ſe trouvent juſtement alignés dans toutes les directions imaginables. Mais comprend-on mieux dans l'autre ſyſtême, comment ces petits êtres globuleux

4°. Que le tuyau de verre dans lequel on le fait paſſer, ſoit deux ou trois fois plus gros que lui, afin qu'il ſoit plus aiſé de l'y maintenir d'un bout à l'autre, ſans qu'il en touche les parois. 5°. Que le verre plan qui le ferme par un bout ne ſoit pas trop épais. 6°. Que par l'autre bout le rayon ſolaire ſoit reçu ſur un miroir incliné à 45 dégrés, qui le détourne dans un tuyau de métal placé à retour d'équerre, afin qu'aucune partie de cette lumiére ne ſoit réfléchie dans le tuyau de verre.

(*a*) Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences 1740, pag. 243.

tombant ſur des ſurfaces qui ne ſont pas régulieres, (car à la rigueur on n'en connoît pas de telles,) font cependant toujours l'angle de leur réflexion ſenſiblement égal à celui de leur incidence, par rapport à ces ſurfaces. C'eſt un effet qu'on voit arriver communément, malgré l'obſtacle qui ſemble devoir l'empêcher : il en eſt apparemment de même de l'alignement des centres, dont on ſuppoſe, & dont on veut faire valoir le défaut, puiſque nonobſtant l'irrégularité reconnue des ſurfaces polies, le rayon de lumiere ne laiſſe pas de ſe réfléchir aſſez réguliérement : il faut donc que la nature ait des reſſources que nos ſpéculations n'embraſſent point encore ; dans ces ſortes de queſtions l'on ne prendroit jamais aucun parti, ſi lo'n ne vouloit épouſer abſolument que celui qui ſeroit au-deſſus de toute difficulté apparente. Les rayons ſonores s'alignent fort bien dans l'air, & leurs réflexions ſe font aſſez réguliérement, comme le prouvent les échos : ſi quelqu'un prétendoit que ces effets n'arrivent que parce que les parties ou molécules

XV. LEÇON.

XV. LEÇON.

de l'air ne ſont pas globuleuſes, je lui accorderois volontiers que celles de la lumiere ne le ſont pas non plus : je ne leur attribue cette figure que pour en adopter une, & parce que l'imagination ne m'en fournit aucune autre qui s'accorde mieux qu'elle avec les phénoménes ; mais, à parler franchement, j'ignore de quelle figure ſont les parties de ces fluides ſubtils ſur leſquels nos ſens n'ont point de priſe, & je ſuis prêt à leur attribuer celle qui conviendra le mieux, & contre laquelle on ne trouvera plus rien à objecter : en attendant que nous ayons ſur cela les éclairciſſements qui nous manquent, & que nous n'aurons probablement pas ſi-tôt, regardons les parties de la lumiére comme des globules, conformément au langage reçu en Phyſique. (*a*)

(*a*) Sur la propagation de la lumiére, on fera bien de lire une belle diſſertation, de feu M. Jean Bernoulli, qui a remporté le prix de l'Académie des Sciences en 1736.

II. SECTION.

Des directions que ſuit la lumiére dans ſes mouvements.

IL en eſt de l'action de la lumiére, comme du mouvement des autres corps : conformément à la loi générale de la nature, elle ſuit, autant qu'elle peut, la premiére détermination qu'elle a reçue; ſes rayons s'étendent en lignes droites, tant qu'il ne ſe rencontre aucun obſtacle, ni aucun nouveau milieu qui en change la direction, & les phénoménes qui en réſultent ſont l'objet d'une ſcience qui ſe nomme *Optique proprement dite*, pour la diſtinguer de l'*Optique generale*, qui comprend tout ce qui concerne la lumiére & ſes différentes modifications.

A la rencontre d'un corps opaque, l'action de la lumiére ſe réfléchit communément, & produit d'autres effets : on les a compris ſous une théorie particuliére, à laquelle on a donné le nom de *Catoptrique*.

XV. LEÇON.

Enfin, cette même action ſe réfracte dans bien des occaſions en paſſant d'un milieu dans un autre qui eſt plus aiſé ou plus difficile à pénétrer pour elle : cela donne lieu encore à d'autres phénoménes qu'on a aſſujettis à des loix, & ce ſont les principes d'une troiſieme ſcience appellée *Dioptrique*. Suivons les mouvements de la lumiére ſous ces trois points de vue.

ARTICLE PREMIER.

De la lumiére directe ; ou, des principes de l'Optique proprement dite.

Nous conſidérerons ici la lumiére comme exerçant ſes mouvements dans un milieu parfaitement libre ; ou, pour ne pas nous écarter de l'état naturel, nous ſuppoſerons au moins que la lumiere ſe meut dans un milieu homogéne, c'eſt-à-dire, d'une réſiſtance uniforme dans toute ſon étendue : telle eſt une maſſe d'eau ; tel eſt un morceau de cryſtal, ou ſi l'on veut, une maſſe d'air dans une région déterminée de l'atmoſphére ; & lorſque pour la facilité de l'expreſſion, je dirai que la lumiére *paſſe*, qu'elle ſe *tranſmet*,

qu'elle *part* d'un tel point, qu'elle *arrive* à tel autre, le lecteur ſe ſouviendra, qu'il ne s'agit point d'une tranſlation réelle attribuée aux globules de la lumiére, mais ſeulement d'une action ou d'un choc qu'ils ſe communiquent les uns aux autres ſans ſe déplacer, comme je l'ai déja fait entendre dans la premiére ſection, & comme je vais l'expliquer d'une maniére plus particuliére.

Il faut croire que ces globules ſont autant de petits corps élaſtiques, par les vibrations deſquels ſe tranſmet de proche en proche, le choc réïtéré du corps lumineux, de la même maniére à peu-prés qu'on a vu dans la quatriéme Leçon, celui d'une boule d'ivoire paſſer en un inſtant d'un bout à l'autre d'une file de pareilles boules : on concevra aiſément, que ſi quelqu'un appuyoit ſon doigt contre la derniére, il ſentiroit ce choc toutes les fois qu'on l'imprimeroit à la premiére : ainſi l'organe au fond duquel aboutit une ſuite de ces globules, dont nous ſuppoſons que la lumiére eſt compoſée, ne manque pas d'être ébranlé par les vibrations que fait faire à ces petits reſ-

XV. LEÇON.

ſorts l'impulſion réïtérée du corps enflammé qui brille à quelque diſtance.

On entendra mieux ceci en ſe rappellant ce que nous avons dit de la flamme dans la XIVe. Leçon : elle y eſt repréſentée comme étant l'écoulement d'un fluide embraſé, ou plutôt, comme la diſſipation continue d'une vapeur lumineuſe. Les parties propres d'un corps combuſtible, du bois, par exemple, de la cire fondue, ou du ſuif, diviſées de plus en plus par les dégrés de chaleur qui ont précédé, arrivent à un tel point de dilatation, que les particules de feu qu'elles renferment ſe découvrent enfin par autant de petites exploſions. Si cela n'arrivoit qu'une fois, la matiére de la lumiére qui environne ce petit éclat ne recevroit qu'une ſeule ſecouſſe, & l'oeil par cette impulſion momentanée n'appercevroit qu'une étincelle : mais, comme je l'ai dit, la flamme eſt un écoulement ; la particule enflammée qui ſe diſſipe, fait place à une autre qui éclate bientôt comme elle, & qui réïtére le choc ſur la même file de globules au bout de laquelle ſe trouve l'œil du ſpectateur ; chaque

point du corps enflammé produit le même effet, & c'eſt ainſi que toute ſa ſurface embraſée devient continuellement viſible.

Les corps qui ſont lumineux de cette maniére, s'épuiſent néceſſairement, & n'ont qu'une certaine durée, puiſque le feu qui brille en eux, ou à leur ſuperficie, ne ſe montre qu'en diſſipant leur propre ſubſtance ; mais il eſt poſſible que ce même élément ſans paſſer au-dehors, ſans rien diſſiper, conſerve dans les pores d'une matiére, un mouvement de vibration précédemment acquis, & que faiſant l'effet d'une petite flamme, il mette en jeu la matiére de la lumiére du dehors, avec laquelle il communique, comme cela arrive vraiſemblablement à pluſieurs des phoſphores dont j'ai parlé plus haut.

Un file de globules animés d'un mouvement de vibration, comme je viens de l'expliquer, eſt à proprement parler, ce que l'on doit nommer *Rayon de lumiére* ; & comme chaque point d'une flamme peut être apperçu de tous côtés, on doit concevoir que le plus petit corps lumineux eſt le centre

XV. LEÇON.

commun d'une infinité de ces rayons ſimples qui forment autour de lui une ſphere d'une certaine étendue. *Fig.* 1.

Mais il eſt à préſumer qu'un filet de lumiére réduit à ce dégré de ſimplicité ne ſeroit pas ſenſible ; celui qu'on fait paſſer par un trou d'épingle & que nous appercevons dans un lieu obſcur, doit être déja conſidéré comme un faiſceau qui contient peut-être plus de mille de ces rayons ſimples. C'eſt par cette raiſon, qu'un rayon ſenſible de lumiére n'eſt pas naturellement d'une groſſeur égale dans toute ſa longueur ; car puiſque les globules qui le compoſent ſont rangés ſur des lignes qui partent d'un centre commun, quand le corps lumineux ne ſeroit qu'un point comme on le voit en *A* *Fig.* 2. il eſt évident que ce rayon doit former une pyramide, comme *A B*, dont la baſe ſe préſente à l'œil.

Cet écartement que ſouffrent les filets de lumiére, en partant d'un point *radieux* ou *rayonnant*, s'appelle *Divergence*, & ſe meſure par la grandeur de l'angle que ces rayons forment entr'eux. Ainſi *CD*, *CE*, *Fig.* 3.

ſont deux rayons divergens, mais qui le ſont moins que *C F*, *C G*.

XV. Leçon.

Un corps lumineux d'une certaine grandeur, tel, par exemple, que la flamme d'une bougie, étant compoſé d'une infinité de points radieux, il faut néceſſairement que les jets de lumiére qui partent de ces différents points, aillent à la rencontre les uns des autres, ſe joignent & ſe croiſent les uns plus près, les autres plus loin, ceux-ci plus bas, ceux-là plus haut, à gauche & à droite, &c. comme on le peut voir par la *Fig.* 4, dans laquelle, pour éviter la confuſion, je n'ai marqué que trois de ces points rayonnants, avec quelques-unes ſeulement de leurs pyramides lumineuſes, ou faiſceaux de rayons divergents.

Cette diſpoſition reſpective des rayons qui venant de pluſieurs objets, ou de différents points du même objet, vont ainſi ſe joindre & ſe croiſer, s'appelle *Convergence*, & ſe meſure de même que la divergence par la grandeur des angles : ainſi les rayons qui partent des points *H*, *H*, *Fig.* 5, ſont tous convergents, les uns en *I*, les autres en *K* ; mais ceux qui aboutiſſent

XV. LEÇON.

en *I* ſont plus convergents entr'eux que les autres, parce qu'ils forment un plus grand angle, ou ce qui revient au même, parce que leur point de convergence eſt plus près des corps lumineux d'où ils procédent.

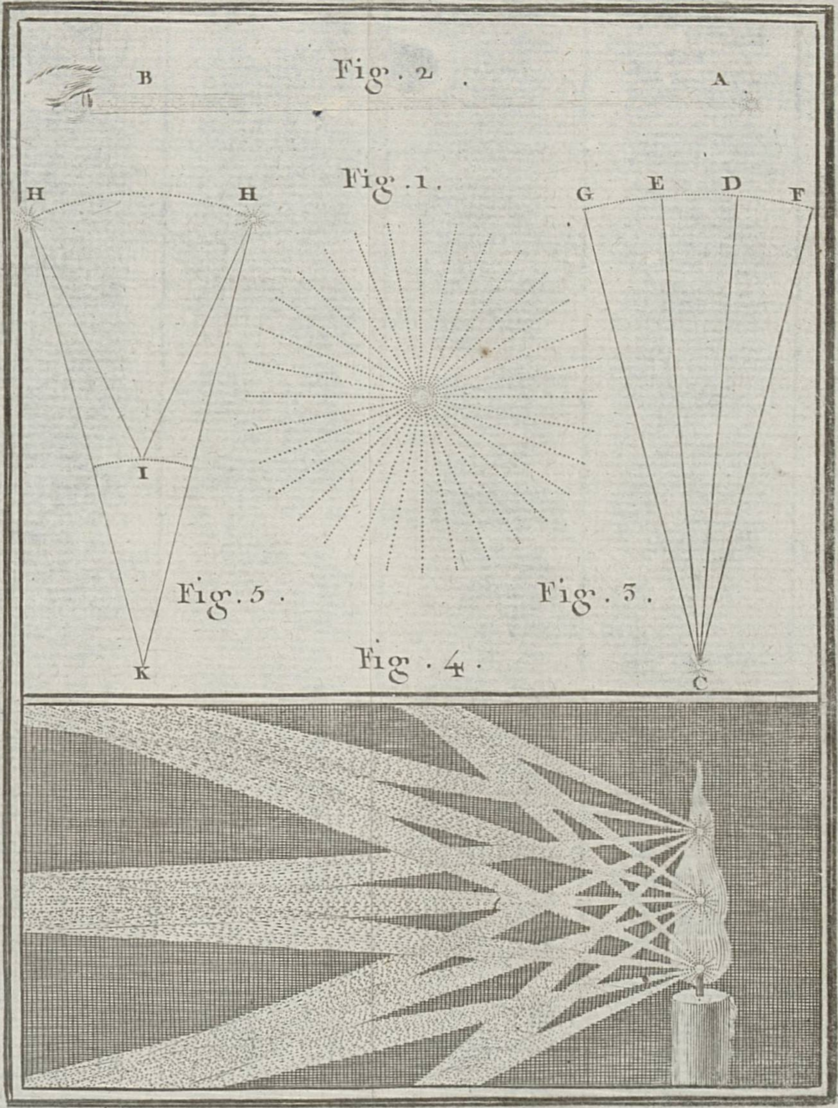
De tout ceci l'on peut conclure, 1°. Qu'en quelqu'endroit qu'on préſente un plan vis-à-vis d'un point radieux, ce plan deviendra comme la baſe d'une pyramide de lumiére.

2°. Que le plan ſera moins éclairé, à meſure qu'il s'éloignera davantage du point radieux.

3°. Que ſi le corps lumineux eſt d'une grandeur & d'une figure ſenſibles, ce même plan deviendra la baſe commune d'autant de pyramides de lumiére, qu'il y aura de points radieux tournés vers lui.

4°. Enfin, que ſi au lieu d'un plan qui arrête la lumiére, on fait un trou dans un carton ou dans une planche mince, les pyramides lumineuſes qui viennent des différents points de l'objet, s'y croiſeront paſſant de droite à gauche, de gauche à droite, de haut en bas, de bas en haut, &c. Rendons tout cela ſenſible par des expériences.

I. EXPERIENCE.



Gobin Sc.

I. EXPERIENCE.

XV. Leçon.

Preparation.

A B C D, *Fig. 6.* repréſente le volet d'une chambre bien fermée & bien obſcure expoſée au midi, ou à peu-près. A trois ou quatre pieds au-deſſus du plancher, ce volet eſt percé à jour pour recevoir une caiſſe *E F G H*, de 18 pouces de haut, & d'un pied de largeur, dont les côtés ſont arrondis circulairement, pour lui donner la liberté de tourner horiſontalement ſur deux pivots, *I*, *I*, à la maniére des tours qu'on a coutume de pratiquer dans les parloirs des Religieuſes. Le devant de cette caiſſe qui paſſe hors de la fenêtre eſt entiérement ouvert, & porte en avant trois miroirs de métal plus longs que larges, & mobiles ſur toutes ſortes de ſens. Le derriére de cette même caiſſe répond dans la chambre, & eſt entiérement fermé, à la réſerve de trois trous *a*, *c*, *b*, d'un pouce de diamétre chacun, & pratiqués dans une ligne horiſontale à égale diſtance l'un de l'autre, à peu près à la demi-hauteur de la caiſſe. Ces

XV. LEÇON.

trous peuvent ſe rétrécir par des diaphragmes, recevoir des verres de différentes ſortes, ou ſe fermer entiérement quand il en eſt beſoin. *FK*, eſt un regle de bois de 6 pieds de longueur ſur 4 pouces de large, qui tient d'une part à la caiſſe & eſt appuyée de l'autre ſur un pied dans une ſituation horiſontale. *L* eſt une platine de bois ou de métal élevée verticalement, & portée ſur un pied qu'on fait gliſſer ſuivant la longueur de la regle, pour l'éloigner ou l'approcher de la caiſſe: il faut avoir pluſieurs de ces platines, dont les unes ſoient couvertes de drap noir, les autres peintes en blanc, & quelques-unes que l'on puiſſe percer aiſément d'un ou de pluſieurs trous, quand l'expérience l'exige.

Par le moyen de cette machine, on peut faire commodément quantité d'experiences ſur les rayons ſolaires: car en les recevant ſur les miroirs qui ſont au-dehors, & que l'on peut manier, en ouvrant pour un moment l'autre volet de la même fenêtre (*a*), qu'on ſuppoſe en avoir deux, comme

(*a*) Ou bien ſi la partie de la caiſſe qui eſt dans la chambre, ſe trouve aſſez longue, on

cela eſt pour l'ordinaire, on leur fait prendre une ſituation horiſontale pour paſſer dans la chambre par les trous *a*, *c*, *b*, où ils reçoivent la forme & la couleur qu'on veut qu'ils ayent, par le moyen de certains verres ou des diaphragmes qu'on y met; & comme on peut faire tourner horiſontalement la caiſſe & la regle *F K*, & tout ce qui eſt poſé deſſus, on a l'avantage de ſuivre, autant qu'on le veut, le mouvement du ſoleil, & de voir à ſon aiſe les effets qu'on s'eſt propoſé d'examiner.

Pour l'expérience dont il s'agit maintenant, on doit fermer entiérement les deux trous, *a*, *b*, & ajuſter par dedans la caiſſe à celui du milieu, un tuyau de deux pouces de longueur qui porte une lentille de verre blanc de 18 lignes, ou environ, de diamétre, & dont le foyer ſe trouve préciſément en *c*, comme le bout du tuyau, qui doit avoir en cet endroit deux lignes d'ouverture; par ce moyen le jet de lumiére qu'on fait entrer dans la

peut pratiquer à l'un de ſes côtés une petite fenêtre qui s'ouvrira quand on voudra changer l'inclinaiſon des miroirs.

XV. LEÇON.

chambre, ſe diviſe en une infinité de rayons divergents, & repréſente fortement & d'une maniere bien vraie, ce qu'on doit entendre par un point radieux, ou un petit corps lumineux.

Il faut placer devant ce point radieux, à 5 ou 6 pouces de diſtance, une platine verticale & mince, *L*, percée de pluſieurs trous ronds, qui ayent chacun 4 lignes de diamétre, & plus loin une autre platine, ou un carton blanc, *M*, que l'on fera avancer & reculer plus ou moins.

EFFETS.

On apperçoit ſur le carton *M* autant de cercles lumineux qu'il y a de trous à la platine *L* : ces cercles s'agrandiſſent, & leurs centres sécartent les uns des autres à meſure que l'on recule davantage le plan qui les reçoit.

EXPLICATION.

Les images circulaires qu'on apperçoit ſur le carton *M*, ſont formées par des jets de lumiére que la platine *L* n'a pu intercepter, étant trouée aux endroits de ſon plan où ces jets ſe ſont préſentés : on conçoit aſſez qu'on

verroit le même effet ſe multiplier autant qu'on le voudroit, ſi l'on augmentoit le nombre des trous ; d'où il ſuit que dans toute l'étendue de la platine du côté qui regarde le point radieux *c*, il n'y a pas un eſpace circulaire de 4 lignes de diamétre, qui ne reçoive un jet de lumiére ſemblable à l'un de ceux qu'on voit paſſer par les trous de cette même platine.

On ne peut pas douter que ces jets n'ayent la forme d'une pyramide, puiſqu'à une plus grande diſtance de leur origine, ils marquent de plus grands cercles ſur le carton qui les reçoit ; & cela doit être, car ce ſont des faiſceaux ou des aſſemblages de rayons divergents, qui partent du point *c*, comme d'un centre commun : par la même raiſon, les jets eux-mêmes vont en s'écartant les uns des autres de plus en plus ; ce qui fait, que non-ſeulement chaque cercle s'agrandit à meſure qu'on éloigne le carton, mais encore que les centres de ces cercles s'éloignent les uns des autres.

XV. Leçon.

II. EXPERIENCE

Prepration.

Tout étant diſpoſé comme dans l'expérience précédente, il faut placer à un pied de diſtance du point radieux *c* une grande platine verticale *l*, percée au milieu d'un trou rond de 6 lignes de diamétre, & recevoir ſur le carton *m* la lumiere qui paſſera par ce trou, premiérement à un pied de diſtance de cette platine, enſuite à 2 pieds, à 3 pieds, &c. & meſurer avec un compas le diamétre du cercle lumineux à tous les endroits où l'on arrêtera le carton, *Fig.* 7.

Effets.

En procédant ainſi, on peut remarquer 1°, que la lumiére s'affoiblit ſur le carton *m*, à meſure qu'on l'éloigne de la platine trouée. 2°. Que le cercle lumineux s'agrandit de maniére qu'il acquiert un diamétre double, triple, quadruple, &c. lorſqu'on éloigne le carton *m* de deux, de trois, de quatre pieds, &c. du trou *c*, où eſt le point radieux.

XV. LEÇON.

EXPLICATION.

L'affoibliſſement de la lumiére qu'on remarque ſur le carton à meſure qu'on le recule, eſt une ſuite néceſſaire de la divergence des rayons; car puiſqu'ils vont en s'écartant toujours de plus en plus les uns des autres, leur écartement doit être plus grand à une plus grande diſtance du point radieux *c*, & plus ils occupent d'eſpace ſur le plan qui les reçoit, moins il y en a ſur chaque partie de cet eſpace.

Comme le diamétre du cercle lumineux à deux pieds de diſtance du point radieux ſe trouve deux fois auſſi grand qu'il étoit à un pied, & qu'à 3 & à quatre il eſt triple & quadruple, on doit en conclure, que les rayons ſont à la ſeconde diſtance, 4 fois, à la troiſiéme 9 fois, à la quatriéme 16 fois, plus raréfiés qu'à la premiére; parce que les eſpaces circulaires ſont entr'eux comme les chiffres 1, 4, 9, 16, &c. lorſque leurs diamétres ſont exprimés par ceux-ci 1, 2, 3, 4, &c. & comme les quatre premieres quantités qui repréſentent les dégrés de raréfaction des rayons, ſont les quarrés

XV. LEÇON.

(*a*) des quatre derniéres qui marquent les diſtances où l'on a meſuré le cercle lumineux, on peut dire en général : que *la lumiére qui vient directement du point radieux ſe raréfie, ou s'affoiblit, en raiſon du quarré de la diſtance*; de ſorte que ſi un petit morceau de carton, par exemple, qui ſeroit égal au trou de la platine qui eſt à la premiére diſtance, étoit placé dans le cercle lumineux de la ſeconde diſtance, il y ſeroit quatre fois moins illuminé; à 3 pieds il le ſeroit neuf fois moins; & à 4 pieds, il ne recevroit que la ſeiziéme partie des rayons que ſa circonférence embraſſoit quand il n'étoit qu'à un pied du trou *c*. (*b*)

APPLICATIONS.

L'œil étant l'organe de la vue; & les effets dont j'ai à parler étant

(*a*) On appelle *quarré* le produit d'une quantité multipliée par elle-même : 4 eſt le quarré de 2 : 9, celui de 3; parce que deux fois 2 font 4, & que 3 fois 3 font 9.

(*b*) Je ne conſidére ici, comme l'on voit, que cet affoibliſſement de la lumiére qui vient de la divergence des rayons, faiſant abſtraction des autres cauſes qui produiſent le même effet, & dont j'aurai occaſion de parler ailleurs.

presque

preſque tous relatifs à la viſion, il ſeroit tout-à-fait convenable que l'on ſut d'abord comment ce ſens eſt affecté par la lumiére, & par quel méchaniſme les rayons extérieurs portent leur action juſqu'au dedans : mais comme tout ce que j'aurois à dire ſur cela tient à des principes qui ne ſont point encore expoſés, & qui ne peuvent l'être à préſent, je ſuis forcé de différer cet inſtruction, & je ne conſidére maintenant que la prunelle de l'œil, comme une ouverture circulaire qui reçoit ou qui donne paſſage aux rayons émanés de l'objet lumineux ou illuminé.

Je dis lumineux ou illuminé ; car quoique je n'aye encore pris pour exemples que des corps qui luiſent de leur propre fond, comme un aſtre, une bougie allumée, un phoſphore, il faut ſavoir que tout autre objet devient ſenſible par l'action réfléchie de la lumiére qui l'éclaire ; de ſorte qu'on peut regarder chaque point viſible de ſa ſurface comme étant vraiment *radieux*, à cela près que les rayons qui en viennent, ne ſont pas en ſi grand nombre & n'ont pas au-

XV. LEÇON.

tant d'activité que ceux d'un corps embraſé ou flamboyant. Si l'on faiſoit, par exemple, en plein jour les deux expériences que je viens de rapporter, & qu'on couvrît le point radieux *c* avec un petit morceau de carton blanc, l'œil placé devant la platine *L* appercevroit cet objet par tous les trous qu'on y pourroit faire, fuſſent-ils au nombre de mille; & ſi au lieu de préſenter un carton plein *M* aux différentes diſtances dont j'ai parlé, on ſe ſervoit d'un carton percé à jour, l'œil appercevroit encore le même objet dans toute l'étendue d'un trou rond dont le diamétre pourroit croître en raiſon directe des diſtances.

On croira aiſément que ſi la platine *L* placée devant le point radieux *c* étoit auſſi large que l'embraſure de la fenêtre où ſe fait l'expérience, en quelqu'endroit qu'on y perçât un trou, l'œil du ſpectateur placé derriére appercevroit par-là le point *c*; & que ſi au lieu d'un trou, on en perçoit 100, autant de perſonnes pourroient faire enſemble la même épreuve, parce qu'il ny en auroit aucune qui ne re-

çût en même tems que les autres un faiſceau de rayons divergents procédants du point radieux : c'eſt par la même raiſon qu'un peuple entier voit tout-à-la-fois ce qui ſe préſente à ſes yeux dans une place publique, qu'une troupe nombreuſe de ſoldats obéit à un ſeul ſignal, qu'un aſtre dans le même inſtant peut être apperçu par tous les êtres clair-voyans qui habitent une grande partie de la terre ; car autour d'un corps lumineux qui eſt iſolé, il n'y a pas un endroit large comme la prunelle de l'œil du plus petit animal, qui ne puiſſe recevoir la baſe d'une pyramide de rayons animés ou renvoyés par cet objet.

Les pyramides de lumiére qui viennent du point radieux à l'œil, & que nous nommerons ſimplement *rayons*, quand nous n'aurons en vue que leur direction, ou la ligne qui leur ſert d'axe, ſont parfaitement droites dans un milieu homogêne : cette vérité, dont nous faiſons tous les jours l'épreuve depuis notre enfance, eſt reçue comme un axiôme : c'eſt en vertu de cette connoiſſance, que le chaſſeur eſtime la perdrix dans la direction de

XV. LEÇON.

ſon fuſil ; qu'un ingénieur, pour aligner un chemin ou un foſſé plante des piquets, dont les extrêmités ſe trouvent rangées dans le rayon viſuel ; qu'un Géométre juge un objet dans l'allignement des pinules ou de la lunette de ſon inſtrument : car ſi l'on n'étoit pas bien ſûr que le rayon qui va de l'objet à l'œil eſt parfaitement droit dans toute ſa longueur, on ne pourroit pas légitimement conclure la poſition de cet objet, par la partie du rayon viſuel qui auroit ſuivi l'inſtrument en arrivant à l'œil.

C'eſt encore ſur la foi de cet axiôme & par la grande habitude que nous avons de voir, que nous déterminons la direction dans laquelle ſe trouve chaque point viſible d'un objet, & ſa diſtance quand elle n'eſt pas grande. A l'égard de la direction, nous voyons toujours l'objet dans la longueur indéterminée de l'axe de la pyramide lumineuſe qui nous le fait ſentir dans la ligne *P Q*, *Fig.* 8 ; & quant à la diſtance, nous le rapportons ordinairement à l'endroit de cet axe, où les rayons divergents qui entrent dans l'œil, iroient en droite li-

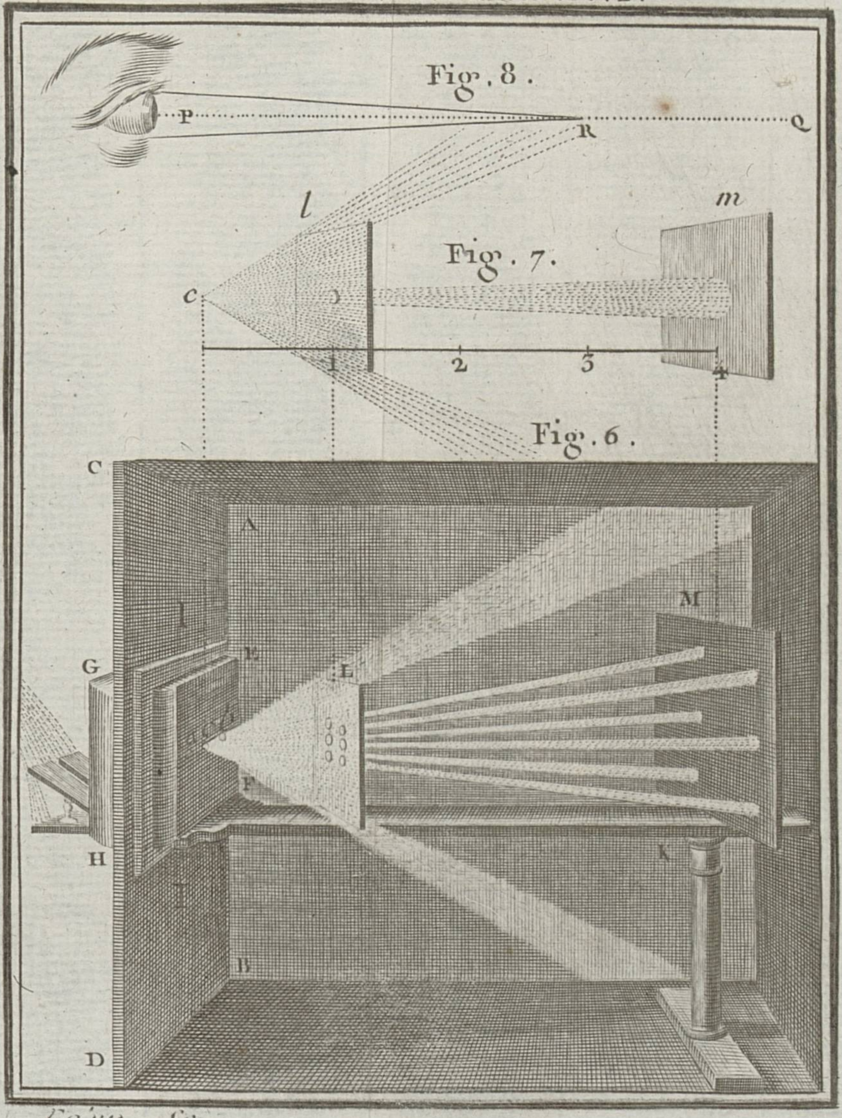
gne ſe réunir ou ſe croiſer, s'ils retournoient ſur leurs pas, en *R*, par exemple. Cette regle nous domine tellement dans la viſion des objets, que nous la ſuivons comme malgré nous, lors même que la réflexion nous apprend qu'elle nous trompe, comme on le verra dans la ſuite par le détail que nous ferons de ſes exceptions.

Au reſte, ce n'eſt pas ſeulement la vue qui nous fait juger ainſi de la diſtance & de la direction des objets qui ſont hors de nous; cela eſt commun aux autres ſens, quoique peut-être avec moins de préciſion. Un aveugle qui cherche le feu pour ſe chauffer, s'avance en droite ligne autant qu'il peut vers l'endroit d'où il ſent que vient la chaleur, & il juge qu'il en eſt aſſez près, par l'impreſſion plus ou moins forte qu'il en reſſent. Nous allons de même à la découverte du corps odorant ou du corps ſonore, & nous connoiſſons à peu près ſon degré de proximité, par la quantité d'odeur ou de ſon qui frappe l'organe; ſi les échos nous trompent, ſi quelquefois nous avons peine à décider de quel

XV. LEÇON.

côté eſt une cloche dont le ſon ſe répéte fortement, n'eſt-ce point parce que nous ſavons dès nos plus tendres années, que le ſon nous vient naturellement en ligne droite & ſans détours, du lieu où l'on le fait naître ?

Puiſque la viſion des objets ſe fait en ligne droite, on doit s'attendre qu'elle n'aura pas ſon effet, quand cette ligne ſera interrompue par quelque obſtacle. Nous avons déja obſervé dans la VIIe. Leçon qu'un vaiſſeau qui vient de la pleine mer au continent apperçoit les clochers & les cheminées d'une ville, avant que de voir le raiz-de-chauſſée des édifices, & que ceux qui ſont dans le port & qui commencent à découvrir ce vaiſſeau arrivant, reconnoiſſent le haut des mâts & des voiles, avant que de voir le corps du bâtiment: c'eſt, comme je l'ai dit alors, un effet de la convexité de la mer qui ſuit celle du globe terreſtre dont elle fait partie; mais cela n'arrive ainſi que parce que cette courbure de la ſurface de l'eau interrompt le rayon viſuel du ſpectateur qui cherche à voir la partie la plus baſſe de l'objet. Voyez la fig. 8. tom. II. p. 266.



Goſsin. Sc.

Ce ſont ces obſtacles par leſquels les rayons de lumiére ſe trouvent interrompus, qui produiſent ce que l'on appelle *ombre* (*a*), en empêchant que le mouvement de vibration imprimé aux files de globules par le corps lumineux, comme je l'ai expliqué précédemment, ne ſe communique plus loin. L'ombre n'eſt donc autre choſe, à proprement parler, qu'une lumiére éteinte, par l'interpoſition d'un corps opaque : elle doit occuper par conſéquent tout l'eſpace qui ſeroit illuminé par cette portion de lumiére, ſi elle avoit le mouvement qu'elle ne peut plus recevoir. On peut s'en convaincre aiſément, ſi l'on en doute, en bouchant en tout ou en partie le trou de la platine *l*; car alors le cercle lumineux qu'on a coutume de voir ſur le carton blanc *m* diſparoîtra entiérement, ou bien il ſouffrira un retranchement qu'on verra croître

(*a*) Il y a bien des choſes curieuſes à dire au ſujet de l'ombre : l'abondance des matiéres que j'ai à traiter dans ce volume m'oblige à remettre celle-ci à une autre occaſion: j'en pourrai parler dans la XVIII. Leçon, où il s'agira du mouvement des aſtres & des effets qui en réſultent.

XV. LEÇON.

dans la même proportion que lui, à meſure qu'on reculera le carton pour l'éloigner du point radieux *c*.

Il ſuit de-là, qu'un petit obſtacle produit beaucoup d'ombre, lorſqu'il eſt près du corps lumineux, & qu'il en fait moins à meſure qu'il s'en éloigne davantage : la proportion eſt telle que le nombre des rayons interceptés diminue comme le quarré de la diſtance qui augmente ; c'eſt-à-dire, que quand l'obſtacle eſt à une diſtance double, triple ou quadruple, il intercepte 4 fois, 9 fois ou 16 fois moins de lumiére, que quand il étoit à la premiére diſtance ; car puiſqu'une pyramide de rayons divergents occupe ſur le carton placé à la deuxiéme diſtance 4 fois plus d'eſpace qu'à la premiére, il eſt évident qu'un corps opaque d'une grandeur déterminée qui, à la diſtance d'un pied, arrêteroit toute cette pyramide, n'en doit plus arrêter que le quart à la diſtance où le cercle formé par cette lumiére ſe trouve 4 fois auſſi grand que lui.

On voit par-là, pourquoi les taches qui viennent aux yeux vis-à-vis de la prunelle n'empêchent pas ab-

olum ent de diſtinguer les objets, tant qu'elles n'en couvrent qu'une petite portion ; car comme elles n'interceptent qu'une partie des rayons divergents qui forment chaque pyramide lumineuſe, elles en laiſſent encore paſſer aſſez de chacune pour rendre ſenſibles, quoique plus foiblement, tous les points d'où partent ces pyramides. Les perſonnes qui ont les yeux dans cet état, peuvent ſuppléer en quelque façon au nombre des rayons qui leur manquent, par l'activité de ceux qui reſtent, en éclairant l'objet d'une lumiére plus forte : il y a même des moyens pour faire entrer par la partie de la prunelle qui n'eſt point couverte plus de rayons qu'il ne s'en préſente naturellement, & par-là dédommager l'œil de ce que ſa tache lui fait perdre ; mais outre que ces moyens n'appartiennent point à l'action immédiate de la lumiére dont nous ſommes maintenant occupés, ils ont l'inconvénient de changer la divergence des rayons, & nous ferons voir ailleurs, que bien loin d'aider la viſion, cela peut y nuire, quand l'œil n'a point d'autre défaut que celui d'être taché.

XV. LEÇON.

Comme on voit la lumiére s'affoiblir ſur le carton *m*, à meſure qu'on l'éloigne du point *c*, on doit penſer qu'elle diminue de même ſur l'œil qui la reçoit, lorſqu'il s'écarte de plus en plus de l'objet qu'il regarde; ce qui fait qu'à un certain dégré d'éloignement nous ceſſons de le voir; car nous ne pouvons le diſtinguer que par les points lumineux ou viſibles de ſa ſurface : or ces points ceſſent d'être ſenſibles pour nous, dès que les jets de lumiéres qui en viennent font des impreſſions trop foibles ſur l'organe; & c'eſt ce qui arrive, lorſque nous regardons de trop loin, parce qu'alors ces jets, à cauſe de la divergence de leurs rayons, ſe trouvent trop raréfiés, pour que ce qu'il en entre dans la prunelle, puiſſe ſe faire ſentir ſuffiſamment (*a*); mais ce de-

(*a*) Quoique ceci doive entrer en conſidération pour les objets qu'on regarde de loin, je ne prétends pas pour cela que ce ſoit la cauſe principale qui nous les fait perdre de vue : à une certaine diſtance, les rayons qui viennent à l'œil d'un même point de l'objet, ſont comme paralleles entr'eux; leur divergence eſt ſi petite, qu'elle ne contribue preſque plus à leur affoibliſſement : cet effet dépend plus eſſentiellement de quelques autres cauſes dont je ferai mention ci-après.

gré d'éloignement où la vue manque, varie ſelon l'état de l'œil, la nature ou les qualités de l'objet, & l'intenſité de la lumiére qui le rend viſible.

Quand je dis l'état de l'œil, je ne prétends parler ici que de ſon degré de ſenſibilité : il n'eſt point encore tems de raiſonner ſur la figure de ſes humeurs, dont les changemens influent plus que toute autre choſe ſur l'étendue de la viſion diſtincte : il eſt certain que cet organe eſt, comme tous les autres, plus ſenſible dans certaines perſonnes, dans certains animaux, & qu'il eſt ſujet auſſi à vieillir, à s'uſer, à ſe gâter, l'âge : les maladies, l'abus qu'on en peut faire en l'appliquant trop long-tems ou trop ſouvent à des objets fort lumineux ; tout cela eſt bien capable d'altérer la ſenſibilité de l'œil ; & telle lumiére que la diſtance a rendu trop foible pour toucher efficacement celui ci, fera encore une impreſſion ſuffiſante ſur celui-là s'il eſt mieux conſtitué, ou mieux conſervé : bien des gens voyent par cette ſeule raiſon plus diſtinctement que d'autres tous les

objets, & les découvrent de plus loin.

XV. Leçon. Les efforts qu'on fait pour appercevoir ce qui eſt fort éloigné, tendent à dilater la prunelle autant qu'il eſt poſſible, pour recevoir un plus grand nombre de ces rayons trop raréfiés : c'eſt un moyen que la nature inſpire, & qui a ſon effet : mais il eſt bien limité ; l'art en fournit d'autres qui ſont beaucoup plus puiſſants, & dont je parlerai quand l'ordre des matiéres le permettra.

Les perſonnes dont les yeux ſont très-ſenſibles, & qui ont, comme on dit, *la vue tendre*, ont l'avantage de voir où les autres ne voyent pas : il s'en eſt trouvé qui liſoient pendant la nuit ſans chandelle, & qui diſtinguoient tout dans des ſouterreins & dans des cachos très-obſcurs ; mais pour l'ordinaire elles ont le déſavantage de ne voir qu'avec peine les objets qui ſont fort éclairés & d'une couleur reſplendiſſante ; j'en connois qui ne peuvent ſoutenir la vue du pavé, lorſque les rayons du ſoleil donnent deſſus en été, & qui en voyageant ſur la neige, ſont obligés d'avoir les yeux preſque toujours fermés : ces ſortes

de vues ſe fatiguent auſſi fort aiſément : elles ne ſont point à l'épreuve d'une longue lecture, ſur-tout à la bougie, ni d'une longue ſuite d'obſervations délicates.

Les hiboux, les chats & les autres animaux qui chaſſent pendant la nuit, ont des yeux qui s'ouvrent beaucoup ; comme ils ne voient ordinairement que par des rayons de lumiére très-foibles & très-raréfiés, la nature leur a donné le moyen d'en recevoir un plus grand nombre ; elle joint ſans doute à cet avantage celui d'un organe très-ſenſible : car on peut remarquer que la grande lumiére fait mal à ces animaux, & que quand ils y ſont expoſés, pluſieurs d'entr'eux ont ſoin de rétrécir beaucoup la prunelle, à quoi la nature a encore pourvu par une organiſation particuliére.

L'eſpéce & les qualités de l'objet font encore qu'on l'apperçoit à une diſtance plus ou moins grande. Si c'eſt un corps lumineux par lui-même, comme la flamme & tout ce qui y reſſemble, tous les points de ſa ſurface ſont radieux ; & ſi cette flamme a beaucoup d'activité, les rayons de lu-

XV. LEÇON.

miére qu'elle anime en deviennent plus puiſſants ; ainſi la plus petite bougie allumée s'apperçoit de plus loin qu'un ver-luiſant pendant la nuit , & l'un & l'autre beaucoup mieux qu'un corps opaque de même grandeur & également éloigné qu'on prendroit ſoin de bien éclairer : rien n'approche davantage de ces corps qui brillent par eux-mêmes , que les ſurfaces polies, & de couleurs vives, comme le blanc, le rouge, le jaune, &c. parce que d'une part il y a plus de points lumineux, & que de l'autre chacun de ces points brille davantage. On découvre de 25 ou 30 lieues & même de plus loin certaines montagnes couvertes de neige qu'on perd de vue dès que cette neige vient à ſe fondre.

Enfin, la maniére dont un objet eſt éclairé, fait encore qu'on l'apperçoit à des diſtances bien différentes ; car ſi la lumiére qui le rend viſible ne part point de lui immédiatement, elle a des effets plus ou moins limités à proportion de ſa force primitive, du chemin qu'elle a fait, & des milieux qu'elle a traverſés avant que d'arri-

ver à l'objet qu'elle éclaire ; mais je ne dois point m'arrêter maintenant à ces conſidérations, parce qu'elles appartiennent à d'autres parties que j'aurai à traiter par la ſuite.

En conſidérant la diminution de la lumiére cauſée par la divergence des rayons, on doit penſer que des comparaiſons ſemblables à celles de notre II. expérience ne peuvent plus la rendre ſenſible, cette diminution ou cet affoibliſſement, quand le point radieux eſt à une très-grande diſtance, tel que ſeroit un point de la ſurface du ſoleil, ou d'une étoile fixe (*a*); car alors ces rayons ſont ſi peu divergents, qu'on peut les regarder comme étant ſenſiblement paralleles. Si l'on pouvoit faire paſſer dans un lieu obſcur un jet de lumiére venant d'un ſeul point du ſoleil (*b*), on le verroit indubitablement ſous une forme, non pyramidale, mais cylindrique; & par

(*a*) Et même à des diſtances beaucoup moins grandes.

(*b*) On verra par la ſuite que cela n'eſt pas facile, & qu'un rayon du ſoleil qui paſſe par le trou d'une fenêtre dans une chambre obſcure, n'eſt pas ce que l'on demande ici

XV. LEÇON.

conſéquent à quelque diſtance du trou qu'on le reçût ſur un plan, l'eſpace qui en ſeroit illuminé ne changeroit pas de grandeur. On voit par-là pourquoi des objets de cette eſpéce qui ont la force d'animer des rayons auſſi longs, ſont apperçus à 100 lieues plus loin comme à 100 lieues plus près : car les rayons qui viennent de chaque point de leur ſurface étant comme paralleles entr'eux, l'œil éloigné plus ou moins en reçoit toujours à très-peu près une égale quantité.

Mais la lumiére ne décroît pas ſeulement par la divergence naturelle de ſes rayons, elle s'affoiblit encore en traverſant les milieux mêmes les plus diaphanes; car on a beau imaginer qu'elle y trouve des pores alignés dans toutes les directions poſſibles, & remplis d'une lumiére éteinte à laquelle elle n'a qu'à communiquer ſon mouvement, il arrive que les parties propres de ces milieux interrompent de tems en tems la contiguité des globules, & occaſionnent ou des déviations ou des mouvements rétrogrades qui diminuent

nuent d'autant le progrès de la lumiére en avant. Le morceau de verre le plus mince & le plus tranſparent repouſſe toujours une partie des rayons qui ſe préſentent à ſa ſurface ; l'eau la plus limpide ne laiſſe point pénétrer la lumiére juſqu'au fond de ſon baſſin, s'il a une certaine profondeur ; l'air de l'atmoſphere ne laiſſe point arriver juſqu'à nous toute celle qui ſe dirige des aſtres vers notre globe, & ſans lui nous diſtinguerions bien mieux & de plus loin les objets qui ſe préſentent à notre vue.

Il y a certainement de quoi méditer ſur cette matiére qui eſt encore neuve ; quoique quelques ſavans en ayent déja fait l'objet de leurs recherches : il ſeroit auſſi curieux qu'utile de ſavoir au juſte & dans toute ſon étendue de combien la lumiére diminue à la ſurface & dans l'intérieur des corps où elle peut pénétrer, & les rapports qu'il y a entre les degrés de tranſparence & les différentes épaiſſeurs de ces mêmes corps ; mais en attendant qu'on ait ſur cela tout ce qu'il y auroit à déſirer, on peut

ſe contenter d'un excellent ouvrage qui fut imprimé en 1729 (*a*), & que M. Bouguer ſon auteur donna modeſtement comme un eſſai : j'en donnerois volontiers ici un extrait, ſi je n'appréhendois de faire tort à cet ouvrage par des abbréviations dont il eſt peu ſuſceptible : je crois plus à propos d'y renvoyer le lecteur qui ſe croira ſuffiſamment initié.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

On employe pour cette expérience le même appareil qui a ſervi dans les deux derniéres, en ajoutant à chacun des trous *a* & *b* un verre lenticulaire ſemblable à celui du trou *c*, & aux bout des deux tuyaux du côté qui répond à la chambre, des petits verres plans colorés, l'un en rouge, l'autre en bleu, afin que la lumiére qu'on y fait paſſer par le moyen des mi-

(*a*) Réimprimé en 1760 avec beaucoup d'augmentations par les ſoins de feu M. l'Abbé de la Caille, ſous ce titre : *Traité d'Optique ſur la gradation de la lumiére, &c. à Paris, chez Guerin & Delatour.*

roirs ſe montre avec ces deux couleurs. A 2 ou 3 pieds de diſtance de la caiſſe, on place ſur la regle *F K* une platine verticale couverte de drap noir, & l'on attache vers le milieu un cercle de carton blanc de 12 ou 14 lignes de diamétre. Les trois trous *a*, *b*, *c*, ſont couverts de trois petites piéces de laiton qui s'abaiſſent ſur chacun d'eux & qui peuvent ſe lever ſéparément ou toutes enſemble.

XV. LEÇON.

EFFETS.

Le petit cercle de carton qui eſt appliqué ſur le drap noir, paroît couvert d'une lumiére rouge, quand on découvre le trou *a*; d'une lumiére bleue, quand on découvre le trou *b*; d'une lumiére plus vive, mais ſans couleur, lorſqu'on tient ouvert le trou *c* ſeulement; & enfin il ſe teint d'une lumiére purpurine, lorſqu'on ouvre enſemble les deux trous *a* & *b*.

Ces mêmes effets ſubſiſtent, quoiqu'on faſſe avancer ou reculer la platine verticale, & que l'on porte à droite ou à gauche le petit cercle de carton blanc qui eſt appliqué deſſus,

XV. LEÇON.

EXPLICATION.

Chacun des deux trous *a*, *b*, étant préciſément l'endroit où viennent ſe croiſer les rayons ſolaires réfléchis par le miroir ſur la lentille de verre dont l'autre bout du tuyau eſt garni, on doit le conſidérer comme un point radieux ſemblable à celui du trou *c*, avec cette ſeule différence, que la lumiére tamiſée par un verre rouge ou bleu paroît dans la chambre ſous l'une ou l'autre de ces deux couleurs.

Puiſqu'un point radieux anime tout au tour de lui des rayons divergents dont il eſt le centre, on doit s'attendre que chacun de ceux-ci étant découvert, illuminera entiérement la platine qui lui eſt oppoſée à deux ou trois pieds de diſtance, fût-elle beaucoup plus grande qu'elle n'eſt : voilà pourquoi le petit cercle de carton blanc placé ſur le drap noir ſe trouve illuminé d'une lumiére, tantôt rouge, tantôt bleue, ſelon qu'on a découvert l'un ou l'autre des deux trous *a* ou *b*, & qu'il brille ſimplement d'une lumiére ſans couleur, quand il n'y a que le trou *c* ouvert. C'eſt encore

pour la même raiſon, que ces effets ſubſiſtent conſtamment, à quelque endroit qu'on attache le petit cercle de carton ſur la platine.

On ne peut pas douter que la même platine ne reçoive auſſi dans toute ſon étendue en même tems la lumiére de tous les points radieux auxquels elle eſt expoſée ; puiſque les deux trous *a* & *b* étant découverts enſemble, le petit cercle de carton, en quelque endroit qu'on le mette ſur la platine, reçoit une couleur purpurine ; car il eſt évident que cela vient du mélange des deux couleurs, rouge & bleue.

Le petit cercle de carton blanc eſt illuminé plus vivement & ſans couleur par la lumiére qui paſſe en *c*, que par celle qui vient des deux autres ouvertures, parce que n'ayant que la lentille de verre à traverſer, elle ſouffre moins de déchet que dans les deux autres tuyaux, où il y a encore des verres de couleur. J'aurois à ajouter une autre raiſon au moins auſſi forte que celle-là ; mais je ne puis la faire valoir, que quand j'aurai fait connoître comment la lumiére de-

XV. Leçon. vient capable de colorer les objets, & en quoi elle différe alors de ſon état ordinaire.

IV. EXPERIENCE.

Preparation.

Cette expérience ſe prépare comme la précédente ; mais au lieu de la platine couverte de drap noir, on en employe une autre qui eſt faite d'une feuille de métal qui a une demi-ligne d'épaiſſeur, & qui eſt ouverte au milieu par un trou rond de 6 lignes de diamétre ; à un pied ou 15 pouces de diſtance plus loin, on en préſente une autre de carton blanc, & ſans ouverture.

Effets.

Les trois trous de la caiſſe *a*, *b*, *c*, étant ouverts enſemble, & radieux, on apperçoit ſur le carton blanc trois cercles lumineux, dont un rouge, un bleu, & un autre ſans couleur, rangés ſur une même ligne, mais dans un ordre oppoſé à celui des trous radieux ; c'eſt-à-dire, que le cercle rouge dont la lumiére vient du point

a ſe trouve en *d*, le bleu formé des rayons qui ont paſſé par *b* ſe voit en *f*: celui qui n'eſt point coloré occupe le milieu *e* comme le trou *c*, d'où vient la lumiére. Voyez la *Fig.* 9. XV. Leçon.

Si l'on éloigne davantage le carton de la platine trouée, il en arrive de nouveaux effets. Premiérement chacun des trois cercles s'agrandit; & en ſecond lieu, les centres de ceux des côtés *d*, *f*, s'éloignent davantage de celui du milieu.

Explication.

Nous avons vu par la derniére Expérience, que le petit cercle de carton blanc, en quelque endroit qu'on le mît ſur la platine de drap noir, devenoit toujours comme la baſe commune des pyramides de lumiére qui venoient des trois points radieux *a*, *b*, *c*; ces mêmes pyramides ne trouvant plus cet obſtacle, mais un paſſage libre à travers la platine verticale, ſe prolongent juſques ſur le carton, chacune d'elles ſuit ſa premiére direction: la rouge & la bleue ſe croiſent au paſſage ſur celle du milieu; de maniére que leurs baſes prennent

XV. LEÇON.

des ſituations oppoſées à celles de leurs pointes, celle qui part de la droite aboutit à la gauche, & l'autre s'étend de la gauche à la droite.

Si le carton vient à s'éloigner davantage de la platine percée où ſe fait le croiſement, chacun des cercles lumineux devient plus grand à cauſe de la divergence des rayons, dont la pyramide eſt compoſée, comme je l'ai fait entendre plus haut; & les centres des deux cercles colorés s'éloignent de celui du milieu, parce que les pyramides dont ils ſont la baſe deviennent divergentes entr'elles, après s'être croiſées, ce qui eſt très-aiſé à comprendre.

A l'occaſion de cette divergence cauſée par le croiſement des pyramides lumineuſes, il y a une remarque importante à faire; c'eſt que les rayons qui ſe croiſent ainſi, forment deux angles oppoſés par leurs pointes, & par conſéquent égaux entr'eux: d'où il ſuit que l'écartement réciproque des cercles colorés *d*, *f*, dépend non-ſeulement de la diſtance qui eſt entre la platine percée & le carton, comme je l'ai fait voir ci-devant,

mais

mais encore de celle qui ſe trouve entre l'endroit où ſe croiſent les rayons & les points radieux *a*, *b*, d'où procéde la lumiére; car on conçoit bien que ſi cette derniére diſtance étoit plus petite, par cela ſeul les angles formés par les rayons, tant avant qu'après le point de croiſement, ſeroient plus grands, comme auſſi ces mêmes angles deviendroient plus petits, ſi les points radieux *a*, *b*, s'éloignoient davantage du plan dans lequel ils vont ſe croiſer.

APPLICATIONS.

Tout objet, lorſqu'il devient viſible, étant radieux par tous les points de ſa ſurface, comme je l'ai expliqué page 63, & la prunelle de l'œil pouvant être conſidérée, ou comme un eſpace circulaire qui reçoit les rayons de la lumiére, ou comme un trou rond qui les laiſſe paſſer, on peut aiſément appliquer au ſens de la vûe tous les faits qui ſe ſont offerts dans les deux derniéres Expériences, & y rapporter un grand nombre de phénoménes que perſonne n'ignore, mais dont peu de gens ſont en état

XV. LEÇON.

de ſe rendre raiſon : arrêtons-nous ſeulement à ceux qui dépendent immédiatement de la direction des pyramides lumineuſes qui procédent des différents points de l'objet & de leur croiſement dans la partie antérieure de l'œil, renvoyant à une autre occaſion tout ce qui tient particuliérement à la ſtructure de l'organe, dont je n'ai encore rien dit : Or ces phénoménes concernent la ſituation, la grandeur, la diſtance, la figure & la clarté de l'objet apperçu.

L'œil qui eſt en fonction ou qui regarde, de même que le petit cercle de carton de la III. Expérience, devient comme la baſe commune d'une infinité de pyramides de lumiére qui ont leurs ſommets aux points radieux d'un corps viſible ; & quoique cet œil change de place, il apperçoit toujours le même objet devant lequel il eſt, non par ces rayons dont il étoit frappé d'abord, mais par d'autres tout-à-fait ſemblables ; puiſque chaque point de la ſurface qu'il contemple anime un hémiſphére entier de ces rayons divergents dont chaque pyramide lumineuſe n'eſt qu'une très-petite portion.

Mais pourquoi l'objet diverſement coloré, moitié rouge, par exemple, & moitié bleu, ne ſe voit-il pas ſous une couleur mixte ; puiſque nous avons vu le petit cercle de carton ſe teindre en pourpre par le mêlange des rayons qu'il recevoit en même temps du point *a* & du point *b*, dans la III Expérience ?

C'eſt que la prunelle n'eſt point le dernier terme des rayons qui s'y raſſemblent : cette partie de l'œil n'eſt qu'une ſimple ouverture, bien moins ſemblable au petit cercle de carton qui arrête les pyramides lumineuſes de la III Expérience, qu'au trou de la IV, qui les laiſſe paſſer outre. On doit donc concevoir que toutes ces pyramides de lumiére qui vont aboutir à l'œil paſſent ſans confuſion par la prunelle, en s'y croiſant, comme on l'a vu faire aux deux rayons rouge & bleu : après quoi elles continuent leurs routes juſqu'au fond de l'œil, où chacune d'elles fait ſon impreſſion ſéparément de l'autre.

Or ce ſont toutes ces impreſſions qui deſſinent l'image de l'objet, comme je l'expliquerai plus particuliére-

XV. LEÇON.

ment en parlant de la viſion diſtincte : ainſi puiſqu'on a vu par la IV Expérience, *Fig.* 9. le rayon rouge partir de la droite & aboutir à la gauche du rayon *c*, *e*, après avoir paſſé par le trou de la platine, & le rayon bleu paſſer de la gauche à la droite ; on doit penſer que tous les faiſceaux de lumiére qui ſe rendent des différents points de l'objet à l'œil, ſe croiſent pareillement dans la prunelle, & que l'image qui en réſulte au fond de cet organe prend une ſituation renverſée. C'eſt ainſi, & par les mêmes raiſons, qu'étant dans une chambre bien fermée où la lumiére n'entre que par un trou pratiqué au volet de la fenêtre, ou à la porte, on apperçoit au plafond & ſur la muraille la figure & les mouvements des objets extérieurs, mais dans un ordre renverſé.

Oui : c'eſt une vérité conſtante, que tout objet éclairé & placé devant l'œil ſe peint au fond de cet organe, de maniere que ſon image y prend une ſituation oppoſée à celle qu'il a. Un homme qui ſe tient debout y eſt repréſenté la tête en bas, & ſa main

droite devient la gauche ; on peut s'en convaincre par une Expérience aſſez curieuſe, mais qui demande un peu d'adreſſe pour être exécutée avec ſuccès. Il faut fermer la porte & les fenêtres d'une chambre pour la rendre bien obſcure, pratiquer à un des volets un trou rond de 5 à 6 lignes de diamétre, & y appliquer par ſa partie antérieure un œil de veau, ou de mouton, bien frais, dont on ait enlevé tous les téguments, à la réſerve du dernier qui touche immédiatement l'humeur qu'on nomme *vitrée*. Si cette préparation eſt bien faite, & qu'on prenne ſoin de ne point changer la forme naturelle de l'œil en le preſſant, ceux qui ſeront dans la chambre verront fort bien ſur le fond de cet œil, & dans une ſituation renverſée, les objets extérieurs qui ſeront bien éclairés, avec tous leurs mouvemens & leurs couleurs naturelles.

Si l'on s'étonne de voir les objets droits, quand on ſait qu'ils ſe repréſentent toujours renverſés dans nos yeux, c'eſt que l'on confond mal-à-propos l'impreſſion qui ſe fait ſur l'organe, avec le jugement de l'ame qui

XV. LEÇON.

la ſuit. *Regarder* & *Voir* ſont deux choſes différentes ; en diſtinguant l'une de l'autre, j'oſe me flatter que je pourrai rendre raiſon du phénoméne dont il s'agit, ſans me jetter dans ces raiſonnemens trop métaphyſiques dont quelques auteurs célébres ont fait uſage, & ſans avoir recours à ces ſuppoſitions forcées qu'on eſt ſurpris de trouver dans des ouvrages de réputation.

Regarder un objet, c'eſt ſe tourner vers lui pour en recevoir l'image au fond de l'œil ; mais quoique cette image s'y trace avec les couleurs les plus vives, nous ne voyons pas cet objet qu'elle repréſente, & qui eſt hors de nous, à moins que l'impreſſion faite ſur l'organe n'excite ou ne réveille en nous l'idée de ſa préſence, & ne nous porte à juger de ſa grandeur, de ſa ſituation, de ſa diſtance, de ſa couleur, de ſes mouvemens, &c. Ce qui prouve bien que la viſion n'eſt point accomplie, par cette ſeule peinture de l'objet, c'eſt qu'elle ſe fait également dans les yeux d'un mort, comme on peut s'en aſſûrer par l'Expérience que j'ai rapportée

ci-deſſus ; & d'ailleurs nous n'avons pas un inſtant les yeux ouverts en plein jour, que la lumiére n'y peigne une infinité d'objets que nous ne voyons cependant point ; parce que l'ame occupée d'autres choſes ne fait pas attention à tout ce qui ſe paſſe ſur l'organe de la vûe : elle en fait de même à l'égard des autres ſens.

Voir eſt donc un acte de l'ame par lequel nous rapportons à une certaine diſtance de nous la cauſe des impreſſions qui ſe font ſentir ſur l'organe, ou, ſi vous voulez, tout ce qui eſt repréſenté par l'image qui ſe trace au fond de l'œil. Or ce petit tableau eſt un aſſemblage de points, dont chacun eſt imprimé par un pinceau de rayons qui vient en droite ligne de l'objet viſible. Réduiſons ces pinceaux à des rayons ſimples, n'en conſidérons que les axes, & ſuppoſons que *A*, *B*, *Fig.* 10, ſoient les deux extrémités d'une fleche que je regarde, & que *C* en ſoit le milieu. Nous pouvons appliquer à ces trois points & à leurs images ce que nous avons appris par la IV Expérience; les rayons extrêmes allant ſe croiſer en *E* ſur celui du mi-

XV. Leçon. lieu, doivent aboutir en *a* & en *b*, & ſe repréſenter par conſéquent ſur la ligne *D D*, dans un ordre tout oppoſé à celui qu'ils avoient avant leur croiſement.

Préſentement, il faut ſe rappeller ce que nous avons dit ailleurs, que nous jugeons naturellement l'objet de la viſion au bout des pyramides ou faiſceaux de lumiére qui nous le font ſentir. Si cela n'eſt pas toujours vrai, quant à l'eſtimation de la diſtance, c'eſt une choſe inconteſtable & infaillible par rapport à la direction; & c'eſt-là le point eſſentiel pour la queſtion que je traite. Il n'eſt donc pas douteux, & perſonne ne trouvera extraordinaire que je rapporte en *C* ce que je ſens ſur la partie *c* de mon œil; & pourquoi ne rapporterois-je pas de même en *A* ce dont l'image eſt imprimée en *a*, & pareillement en *B*, le bout de la fléche qui m'affecte par le rayon *B b*? ces deux derniers jugemens ſont auſſi légitimes que le premier, & j'en puis dire autant de tous les autres points viſibles de l'objet pris ſéparément.

Mais ſi en rapportant ainſi chaque point de l'objet au bout du rayon qui

m'en trace l'image, je vois le bout de la fléche *A* au-deſſus de *C*, & l'autre extrêmité *B* au-deſſous de ce même point; ou, ce qui eſt la même choſe, ſi je vois la fléche droite, quoiqu'elle ſe repréſente renverſée dans mes yeux, eſt-ce une nouvelle merveille à expliquer? n'eſt-ce pas plutôt une ſuite néceſſaire de ce que j'apperçois cette fléche par des rayons croiſés, & de ce que je ſuis le penchant naturel que j'ai à rapporter chaque point de l'objet à l'extrêmité du rayon qui me le rend viſible?

N'imaginons donc pas, comme on l'a fait, contre toute vraiſemblance, que nous voyons naturellement les objets renverſés, & que ce n'eſt que par habitude & à force d'expérience que nous apprenons à bien juger de leurs ſituations. Les enfans & les animaux nouveaux-nés nous donnent des preuves du contraire dans les premiers mouvemens qu'ils font pour exprimer leurs beſoins & leurs déſirs. Diſons plutôt qu'il eſt impoſſible que nous voyions jamais les objets autrement que dans leurs ſituations naturelles, avec des rayons qui ſe croiſent

XV. LEÇON.

toujours en entrant dans l'œil, à moins que nous ne ſuppoſions très-gratuitement que dans la viſion nous ne rapportons pas, comme dans l'exercice des autres ſens, les objets qui ſont hors de nous dans la direction des ſignes ou des moyens que la nature employe pour nous les rendre ſenſibles.

Pour ſignifier qu'un homme a le coup d'œil juſte dans l'eſtimation des grandeurs, ou de la diſtance d'un corps à un autre, on dit communément dans le diſcours familier qu'il a *le compas dans l'œil.* Cette expreſſion répond, on ne peut pas mieux, aux angles que forment les rayons, qui partant des extrêmités de l'objet viennent ſe croiſer dans la prunelle, & que nous nommerons dorénavant *angles optiques* ou *angles viſuels*. Ces lignes droites en s'entrecoupant ainſi, *Fig.* 10. font l'office d'un compas de réduction, dont les deux branches courtes s'ouvrent ſur le fond de l'œil proportionnellement à la quantité dont les grandes ſont ouvertes pour embraſſer l'objet entier : tout le monde en ce ſens a *le compas dans l'œil*; mais il y a des gens

qui s'en ſervent mieux que les autres, c'eſt-à-dire, qu'ils ont l'avantage particulier de juger ou d'eſtimer sûrement les grandeurs d'après des impreſſions qui ſont communes à tous ceux qui voyent; & c'eſt pour eux ſans doute que cette façon de parler a été miſe en uſage.

XV. Leçon.

Nous voyons donc les objets plus grands lorſque les angles viſuels qui embraſſent leurs dimenſions ſont plus ouverts; parce qu'alors ces mêmes dimenſions, je veux dire leur hauteur, longueur, largeur, ſont rendues au fond de l'œil ſous des angles ſemblables, & que l'image qui en réſulte y occupe un plus grand eſpace : ainſi vous voyez la Lune plus grande que Mars, Jupiter ou Saturne; parce que les angles viſuels qui meſurent les diamétres de ſon diſque apparent, ſont beaucoup plus ouverts que ceux ſous leſquels vous appercevez les autres planétes.

Mais ces angles deviennent plus aigus à meſure que l'objet s'éloigne de l'œil, comme on le peut voir par *H E I*, *Fig.* 10; & par cette raiſon ſa grandeur apparente, généralement

XV. LEÇON.

parlant & eu ègard à ces ſeuls effets optiques, diminue comme la diſtance augmente ; c'eſt-à-dire que ſon image dans l'œil eſt une fois plus petite en tout ſens, quand on le regarde d'une fois plus loin.

Lorſque cette image eſt diminuée au-delà d'un certain point, ou nous perdons dé vûe l'objet entiérement, ou nous ne le voyons plus que confuſément ; parce qu'alors ſes différentes parties ne ſe peignent plus ſur des endroits de l'organe aſſez ſéparés les uns des autres : on prétend que la vûe humaine ceſſe d'être diſtincte, lorſque les angles optiques commencent à avoir moins qu'une minute de dégrés (*a*).

Si cette évaluation eſt juſte, on peut croire que les animaux de différentes eſpéces qui ont les yeux, ou plus grands, ou plus petits que les nôtres, perdent les objets de vûe, les uns plutôt, les autres plus tard que

(*a*) Selon le Docteur Hook, un objet dans le ciel devient inviſible à un obſervateur, lorſqu'il comprend dans ſon œil un angle moindre qu'une demi-minute. *Remarques ſur la machine céleſte d'Hevelius*, *p.* 8. Pour des objets moins lumineux, il faut que l'angle ſoit plus grand.

nous; car l'amplitude de l'image, qui, conſidérée dans le même œil, ne dépend que de la grandeur des angles optiques, doit varier du plus petit au plus grand œil, comme la diſtance qu'il y aura entre l'endroit où ſe croiſent les rayons, & celui où ils aboutiſſent pour peindre l'objet; ainſi l'image qui n'auroit que la grandeur qu'il faut pour un œil tel que *D D*, ſeroit trop petite, quoique ſous le même angle, pour un autre œil dont le fond ſeroit *G G*, & plus que ſuffiſante pour celui dans lequel elle pourroit aller juſqu'en *F F*, à moins que la nature obligée de proportionner les yeux à la petiteſſe de certains animaux, n'ait ſuppléé au défaut d'étendue, par la délicateſſe des fibres deſtinées à recevoir les impreſſions de la lumiére, comme il ſemble qu'on le doive préſumer, quand on conſidére qu'un perdreau n'échappe point au coup d'œil d'un oiſeau de proie qui plane dans l'air, à cent pieds au-deſſus de lui.

Puiſque l'éloignement ſeul de l'objet ſuffit pour nous le faire voir ſous des angles plus aigus, il eſt aiſé

XV. LEÇON.

de comprendre pourquoi nous avons égard à la diſtance, pour juger de ſa grandeur. Nous appercevons dans la campagne un animal que nous ſommes tentés de prendre pour un mouton, ou pour quelque choſe de plus petit encore, à cauſe du peu de volume que nous trouvons à cet objet; mais parce que nous appercevons en même-tems un quart de lieue de diſtance entre nous & lui, il nous vient en penſée que ce peut être un cheval ou une vache ; & ſi cette diſtance nous étoit cachée ou inconnue, les grandeurs apparentes ne ſuffiroient pas pour nous inſtruire des grandeurs réelles, ſur-tout, s'il s'agiſſoit d'objets nouveaux, ou que nous n'euſſions jamais vus de près : c'eſt ce qui arrive fréquemment aux perſonnes qui voyagent par hazard, ou pour la premiere fois, dans les montagnes, & qui portent la vue de l'une ſur l'autre, ſans ſavoir, ou ſans faire attention qu'elles ſont ſéparées par une large vallée : c'eſt ce qui induit auſſi en erreur ceux qui apperçoivent inopinément quelque objet iſolé, il leur faut du tems & des réflexions pour le reconnoître ;

cela vient de ce que l'on ſait, au-moins implicitement & par habitude, que la grandeur apparente diminue à meſure que l'œil s'éloigne de l'objet, & que par conſéquent on ne peut dire combien cet objet eſt grand en lui-même, à moins qu'on ne ſache à peu près de quelle quantité il eſt éloigné.

Comme le dégré de diſtance, quand nous le connoiſſons, nous aide à bien juger de la grandeur d'un objet que nous ne connoiſſons pas; réciproquement l'objet connu & familier nous apprend par ſa grandeur apparente la diſtance qui eſt entre lui & nous; jamais cependant avec préciſion, mais preſque toujours avec un à-peu-près qui ſuffit. Un homme, un cheval, un arbre, une maiſon, &c. que j'apperçois ſous une grandeur bien au-deſſous de celle que je lui connois, me fait juger ſans erreur conſidérable que j'en ſuis à un certain éloignement. Il n'en eſt pas de même, ſi ce que je vois ainſi de loin eſt d'un volume auquel je ne m'attends pas; ſi l'on tranſporte, par exemple, dans les Pyrénées, ou dans les Alpes, un Pariſien qui n'ait jamais vu que Mont-

XV. LEÇON.

martre, ou le Mont-Valérien, (*a*) il ne manquera pas d'eſtimer à deux ou trois lieues de lui une montagne qui en ſera éloignée de plus de douze, parce que n'ayant aucune idée de ces maſſes énormes, il ne peut pas ſavoir combien leur grandeur apparente differe de leur grandeur réelle, pour en conclure leur diſtance. En pareil cas, ce n'eſt qu'en conſidérant les objets intermédiaires, & les dégradations de lumiére qui ſuivent toujours les grands éloignements, qu'on parvient à ſe perſuader de la grande diſtance.

Lors-même que l'objet eloigné nous eſt connu, tout ce qui ſe trouve placé entre lui & nous ne contribue pas peu à nous faire connoître ſon degré d'éloignement : l'œil parcourt tous ces objets intermédiaires, & additionnant, pour ainſi dire, leurs diſtances reſpectives, il en fait une ſomme totale : quand cela ne ſe peut pas faire, ou que par précipitation cela ne ſe fait pas, on eſtime ordinairement la diſtance au-deſſous de ce qu'elle eſt ; c'eſt pourquoi les gens qui n'ont

(*a*) Deux petites montagnes des environs de Paris.

point

XV. LEÇON.

point contracté l'habitude de voir en mer, croyent appercevoir à deux ou trois lieues d'eux une Iſle qui en eſt à plus de 10; car l'eſpace qui les ſépare de cette iſle étant une plage uniforme, l'oeil n'y rencontre rien dont il puiſſe ſe ſervir pour le diviſer, il ne peut en diſtinguer les parties pour les compter. Il en eſt à peu près de même de ce que l'on voit au bout d'une grande prairie, ou d'une plaine qui n'eſt interrompue, ni par des arbres, ni par des maiſons, ni par aucun autre objet remarquable; & s'il eſt vrai qu'on frappe moins ſûrement qu'ailleurs les oiſeaux qu'on tire ſur un étang, ce n'eſt pas, comme on le dit communément, que le plomb y conſerve ſenſiblement moins ſa vîteſſe qu'en plein champ, (car j'en ai fait l'épreuve exprès;) mais c'eſt plutôt, parce que n'eſtimant pas bien la diſtance, on tire de trop loin ſans le ſavoir, & ſouvent ſur des animaux dont la plume & la peau ſont plus difficiles à percer que celles d'une perdrix ou d'une caille.

C'eſt encore par les angles viſuels que nous jugeons de l'éloignement

XV. LEÇON.

reſpectif de deux objets apperçus en même tems : ils ſont à l'égard de l'œil comme les deux points extrêmes d'un ſeul & même corps, en un mot comme les points radieux *a* & *b* de nos derniéres Expériences, par rapport au trou de la platine.

Voilà donc pourquoi, lorſque nous entrons dans une avenue un peu longue, elle nous ſemble plus étroite & plus baſſe à l'autre extrêmité, quoique les arbres dont elle eſt formée, ſoient par-tout également hauts, & que les rangs ſoient bien parelleles entr'eux ; car on peut voir par la *Fig.* 11. que les rayons qui viennent à l'œil des arbres les plus éloignés pris deux à deux, forment des angles plus aigus que ceux qui arrivent de plus près : & il en eſt de même de ceux qui viennent du pied de chacun de ces arbres & du ſommet.

On peut dire la même choſe en général de tous les objets qui ſont fort longs & terminés par des lignes, ou par des plans paralleles : une grande prairie renfermée entre deux canaux, une piéce d'eau fort étendue, nous paroîtront toujours plus étroites à

l'endroit le plus éloigné de nos yeux, quoique l'une & l'autre ſoient exactement formées en quarrés longs. Quand nous entrons dans une galerie, elle nous ſemble plus baſſe à l'autre bout, parce que l'angle viſuel qui embraſſe la diſtance du plancher au plafond devient néceſſairement plus petit, quand cette dimenſion ou cet intervalle eſt pris dans un endroit plus éloigné de l'œil.

XV. LEÇON.

Lorſque ces ſortes d'objets ne préſentent au ſpectateur qu'un plan ou une ligne, telle que ſeroit une muraille, ou une file de ſoldats, l'œil qui ſe place à un bout, & un peu de côté, de maniére à tout découvrir, comme dans la *Fig.* 12. ſupplée au rang ou au côté parallele qui manque, par la direction de ſon regard, il rapporte à la ligne *P Q*, qui eſt comme l'axe prolongé du globe de l'œil, les différents points de l'objet 1, 2, 3, 4, &c. & ces points paroiſſent ſe rapprocher de cette ligne, ſuivant la diminution de l'angle que fait avec elle le rayon qui vient de chacun de ces points viſibles : de-là il arrive qu'ils ſemblent former par leur ſuite, une ligne incli-

XV. LEÇON.

née à *P Q*, ſelon l'ordre des chiffres 1, 2, 3, 4, &c.

C'eſt par cette raiſon, qu'étant placé à la tête d'un canal ou d'un étang, au lieu de voir la ſurface de l'eau horiſontale, comme elle l'eſt en effet, on s'imagine toujours qu'elle s'éléve à meſure qu'elle s'éloigne davantage. C'eſt encore pour cela, que quand nous côtoyons un mur en marchant, quelque droit & parallele qu'il ſoit à notre route, nous le voyons toujours comme incliné vers elle : & ſi couchés ſur le dos à quelques pieds de diſtance d'une tour ou d'une muraille un peu élevée, nous la conſidérons de bas en haut, elle nous paroît penchée du côté où nous ſommes d'une maniére à effrayer quiconque ignoreroit qu'elle eſt véritablement d'aplomb.

Un objet qu'on regarde de loin s'apperçoit rarement ſous ſa vraie figure ; car la figure d'un corps, c'eſt l'ordre que ſes parties gardent entre elles, & cet arrangement, cette poſition reſpective des points viſibles change dans la repréſentation ou apparence de l'objet, ſuivant la maniére

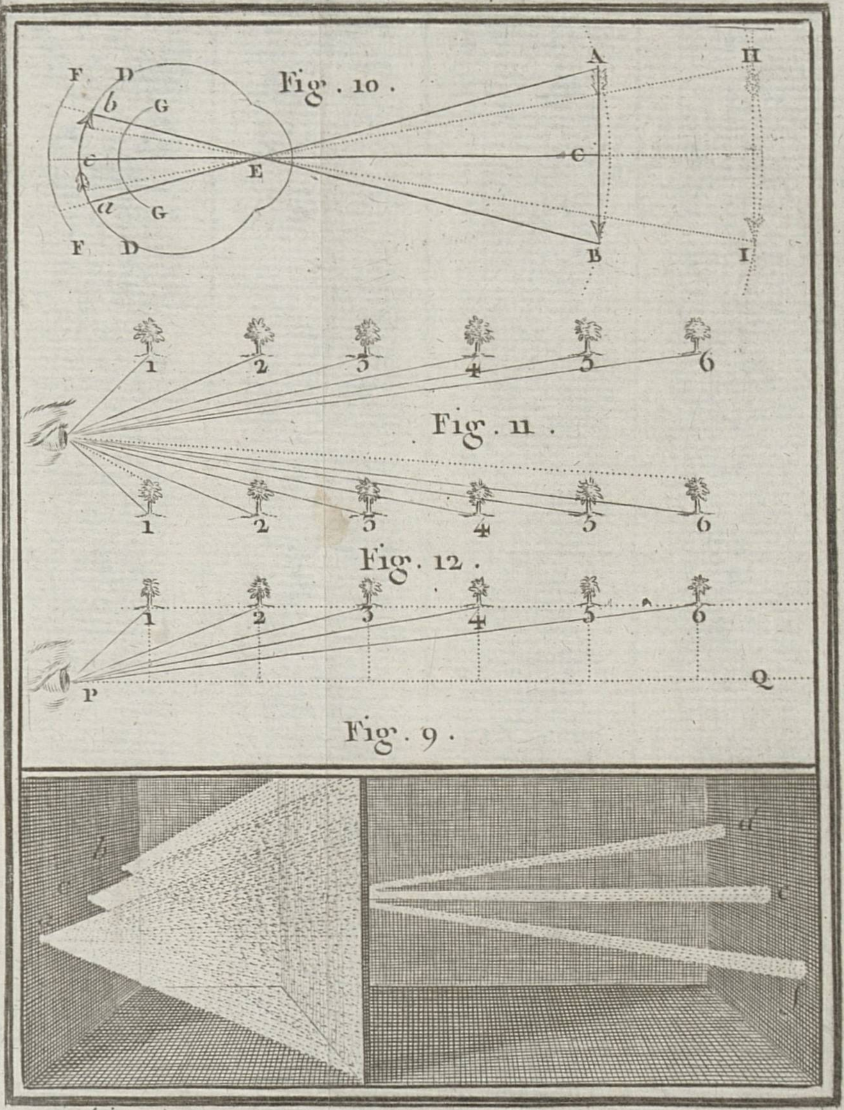


Fig . 10 .
F D b G c E a G F D A H C B I
Fig . 11 .
1 2 3 4 5 6
1 2 3 4 5 6
Fig . 12 .
1 2 3 4 5 6
P Q
Fig . 9 .
b c d

Gobin . Sc .

dont ſes dimenſions ſe préſentent à l'angle viſuel. Si l'on apperçoit à une lieue de diſtance, par exemple, & de quelque endroit un peu élevé, un rang d'arbres plantés, comme *R R*, *Fig.* 13. on les voit tous alignés dans la même direction, & à peu-près également eſpacés entr'eux, comme ils le ſont en effet; parce que tous les angles viſuels qui les comprennent deux à deux different peu les uns des autres: ce qui fait que l'image de ce rang d'arbres tracée au fond de l'œil eſt aſſez conforme à ſon objet.

Mais ſi ces mêmes arbres bordoient une demi-lune, comme *S T V*, *Fig.* 14, on les verroit toujours rangés dans la ligne droite *S V*, plus ſerrés ſeulement aux extrêmités que vers le milieu; car à un tel degré d'éloignement les pyramides de lumiére qui nous viennent des différents points de l'objet ne différent point aſſez par la divergence de leurs rayons, pour nous faire ſentir que les arbres du milieu ſont plus près de nous que ceux des extrêmités, & les angles viſuels qui nous rapportent ce qui eſt vers *S* & vers *V*, étant plus petits que les au-

XV. LEÇON.

tres, il ſuit, que deux de ces arbres pris aux extrêmités nous doivent paroître plus près l'un de l'autre, que deux de ces mêmes arbres qui ſeroient pris vers *T*. Le Soleil & la Lune qui ſont de vrais globes, n'offrent à nos yeux que des plans circulaires & lumineux, comme s'ils étoient de ſimples diſques; parce que toutes les lignes qui forment leurs ſurfaces convexes ſe préſentent à nous comme le rang d'arbres *STV*, dont je viens de parler, c'eſt-à-dire, comme des lignes droites.

Quant aux objets qui ſont compoſés de lignes droites, ou de ſurfaces planes, s'ils ſont fort grands, leur figure apparente nous trompe, par cela ſeul que leurs différentes parties ſe voyent à des diſtances plus grandes les unes que les autres: ce qui ne manque pas de nous repréſenter leurs dimenſions ſous des rapports différents de ceux qu'elles ont réellement: ainſi une piéce d'eau bien quarrée ne ſe voit pas ſous cette forme, elle paroît plus étroite à ſon extrêmité la plus éloignée de l'oeil: mais indépendamment de cette cauſe, il arrive ſouvent, &

preſque toujours, que certaines dimenſions de l'objet ſe repréſentent obliquement aux angles viſuels, tandis que d'autres reçoivent plus directement nos regards, & cela occaſionne encore des apparences qui s'écartent de la réalité. Si, par exemple, de la terraſſe d'un jardin je regarde dans la campagne un piéce de bled verd, dont la largeur s'offre à mes yeux comme *A B*, *Fig.* 15, & la longueur, comme la ligne *A G*: je la verrai ſous une figure plus courte que celle qu'elle a réellement; parce que dans l'image optique de cet objet la longueur, au lieu de reſter égale à la largeur, eſt compriſe ſous un angle plus petit, & ſe réduit comme *A a.*

Il eſt aiſé de comprendre maintenant que les différents aſpects peuvent non-ſeulement changer en apparence les grandeurs de certains côtés, en laiſſant ſubſiſter les autres à cela près des changemens cauſés par les diſtances, mais même les effacer entiérement; de maniére qu'un ſolide ſe voye comme un plan, un plan comme une ligne, une ligne comme un point. Ainſi l'on peut prendre de loin un bloc

XV. LEÇON. de marbre blanc, pour une ſerviette étendue, s'il eſt placé devant l'œil, de maniére à ne lui laiſſer voir qu'une de ſes faces : on ne voit plus la girouette, mais ſeulement ſa tige, lorſqu'elle ſe trouve préciſément dans le plan de l'angle viſuel qui meſure ſa hauteur ; enfin nous ne voyons qu'une tache noire terminée par un cercle de bronze, quand nous regardons directement l'embouchure d'un canon.

Ceux qui s'appliquent à deſſiner la perſpective, ne ſauroient trop méditer ſur la variation des angles optiques cauſée, ou par la diſtance des objets, ou par les différents aſpects ſous leſquels ils ſe préſentent à l'œil ; car comme tout leur art conſiſte à bien repréſenter les effets de la viſion, qui dépendent principalement des angles dont il s'agit, ils ne peuvent travailler avec ſuccès, s'ils ne ſavent ou par principes, ou au moins par routine, ce que je viens d'enſeigner à ce ſujet ; & ce n'eſt point encore aſſez pour eux, le tableau qui porte les images ayant pour l'ordinaire une ſituation tout-à-fait différente du plan horiſontal, dans lequel la plu-

part

part des objets ſont vus, lorſqu'on les deſſine, il faut non-ſeulement que le peintre ou le deſſinateur ait égard à la valeur des angles relative au point de vue, pour ſavoir à quoi ſe réduiſent telles ou telles dimenſions, telles ou telles diſtances, mais qu'il conſidére encore la coupe de ces mêmes angles par un plan qui prendroit la place & la ſituation que doit avoir le tableau, pour connoître au juſte les eſpaces dans leſquels il doit renfermer les différentes parties de l'objet ou du terrein qu'il veut repréſenter. Si, par exemple, il s'agit d'un rang d'arbres apperçus dans la ligne *E F*, *Fig.* 16. il ne ſuffit pas de ſavoir que cette ligne eſt compriſe ſous l'angle *E G F*; l'artiſte doit faire attention, que vue ſous le même angle dans un plan vertical, tel que ſera ſon deſſein ou ſon tableau, elle ſera réduite dans l'eſpace *e f*, & que ſes parties les plus éloignées de l'œil décroîtront dans la même proportion; ce qui exige que le premier arbre ſoit deſſiné plus grand que le ſecond, & le troiſiéme plus petit encore que celui-ci.

XV. LEÇON.

On voit par-là, que les objets fort écartés l'un de l'autre ſur un plan horiſontal ſe rapprochent beaucoup, lorſqu'on les deſſine en perſpective ſur un plan vertical. Réciproquement, ſi l'œil ne changeoit pas de place, & que le tableau fût couché dans une ſituation horiſontale, comme *E F*, l'objet peint au naturel dans l'eſpace *e f*, ne pourroit plus ſe diſtinguer, à moins que le peintre en recommençant le deſſein, n'en étendît les parties dans la même proportion que le ſont celles de la ligne *E F*; alors l'œil placé en *G* verroit diſtinctement l'objet & dans ſes juſtes proportions; mais de par-tout ailleurs, on ne le verroit que confuſément & défiguré: on voit tous les jours de ces illuſions d'optique préparées à deſſein dans les cabinets des curieux.

Tout ce que j'ai dit juſqu'à préſent de la ſituation, de la grandeur & de la figure apparente des objets, doit s'entendre auſſi de leurs mouvemens viſibles. Un corps que nous voyons ſe mouvoir, c'eſt un objet dont l'image change de place dans l'œil, à meſure qu'il paſſe lui-même d'un lieu

dans un autre : on doit concevoir que tous les rayons qui tracent cette image mobile, ſont autant de lignes droites qui ſe croiſent dans la partie antérieure de l'œil, comme je l'ai expliqué plus haut, & qui de plus tournent d'un mouvement commun autour du point même de leur croiſement ; de ſorte qu'en s'avançant vers le fond de l'œil, elles portent leurs impreſſions de gauche à droite, quand l'objet extérieur qu'elles repréſentent paſſe de droite à gauche.

Les mouvemens, ainſi que les parties de l'objet viſible, ſe peignent donc au fond de l'organe dans un ordre renverſé. L'expérience de l'œil de veau dont j'ai fait mention ci-deſſus prouve également l'un & l'autre. Si l'on a bien conçu comment des rayons qui ſe croiſent avant de toucher le fond de l'œil, nous font voir l'objet dans ſa ſituation naturelle, on n'aura pas de peine à comprendre pourquoi nous voyons aller de droite à gauche un corps dont le mouvement progreſſif ſe trace de gauche à droite ſur l'organe ; car en rapportant toujours chaque point de l'objet apperçu au bout

XV. LEÇON.

du rayon qui nous le fait ſentir, tandis que ce rayon tourne comme l'aiguille d'une pendule ſur un des points de ſa longueur, pour ſuivre l'objet dans toutes ſes apparitions ſucceſſives, c'eſt une néceſſité que le bout qui touche le fond de l'œil aille en ſens contraire de l'autre, & que nous jugions le mouvement qui s'exécute au-dehors dans une direction toute oppoſée à celle qui ſuit ſa repréſentation.

Quant à la vîteſſe du mouvement, nous la meſurons par le tems qui s'écoule, & par l'eſpace que nous voyons parcourir à l'objet; mais cet eſpace ne paroît pas toujours tel qu'il eſt. Nous en jugeons naturellement comme de la grandeur, par l'ouverture des angles viſuels qui le comprennent en totalité, ou par parties; & cette évaluation, pour être juſte, dépend principalement de deux conditions: la premiére que nous connoiſſions la diſtance qu'il y a entre nous & le corps dont notre œil ſuit le mouvement; car en regardant un homme qui marche dans la campagne, ſi nous le voyons dans la ligne *I K*, *Fig.* 17, lorſqu'il eſt plus loin dans la route *LM*,

par exemple, nous trouverons ſa marche plus lente qu'elle n'eſt en effet; puiſque dans un tems donné il nous paroîtra parcourir l'eſpace *I K*, plus petit que *L M* qu'il parcourt réellement.

La ſeconde condition eſt, que l'eſpace parcouru par l'objet ne ſe préſenté point obliquement à nos regards, comme *I M*; car en pareil cas, nous eſtimerions encore cet eſpace au-deſſous de ſa juſte valeur : nous ſerions fortement tentés de croire, qu'un homme qui ſeroit allé par la route *I M*, n'auroit fait que le chemin *I K* qui eſt bien plus court; & nous ne pourrions éviter cette erreur, qu'en ayant égard à certaines circonſtances qui ne ſe rencontrent pas toujours, ou qui ne ſont point aſſez remarquables, quand les mouvemens qu'on examine ſe paſſent au loin.

Par la même raiſon, deux hommes qui marchent à pas égaux, l'un par la route *L C M*, l'autre par *I H K*, paroîtront aller avec des vîteſſes inégales; le dernier aura l'air de précipiter ſa marche davantage, ou d'allonger le pas plus que le premier : il pourroit

XV. LEÇON.

même arriver, & cela ſe conçoit aiſément, que celui qui paroît faire le plus de diligence, allât réellement avec moins de vîteſſe que l'autre.

Le mouvement devient inſenſible à la vue, lorſque les eſpaces parcourus dans chaque ſeconde de tems répondent à des angles viſuels, qui n'excédent pas 20 ſecondes de degré; l'œil le plus fin & le plus attentif ne voit pas même ſe mouvoir l'aiguille qui marque les heures au cadran d'une pendule, quoiqu'elle chemine plus vîte que dans cette proportion : ſur quoi il eſt bon de remarquer que la plus grande vîteſſe peut devenir inſenſible par la diſtance exceſſive qui ſe trouveroit entre le mobile & l'œil; car, par exemple, ſi les rayons *P L*, *P N*, étoient tellement longs, qu'un eſpace de 200 toiſes pris ſur la ligne *L M*, ne répondît qu'à un angle de 18 ou 20 ſecondes de degrés, un corps qui ſeroit dans cet éloignement par rapport à l'œil, & qui auroit toute la vîteſſe d'un boulet de canon, y paroîtroit comme immobile; & voilà pourquoi nous n'appercevons pas d'une ſeconde à l'autre le mouvement

du ſoleil ; ni même celui de la Lune, quoiqu'ils ſoient tous deux beaucoup plus rapides que celui d'un boulet chaſſé par l'effort de la poudre.

XV. LEÇON.

Quand je cite la révolution diurne du Soleil, ou celle de la Lune, je n'entends parler que des traces qui pourroient s'en former dans l'œil du ſpectateur ; elles ſeroient les mêmes, ſoit que l'aſtre ſe mût en effet, ou ſeulement en apparence ; car en général, qne l'œil tourne devant l'objet fixe, ou que l'objet mobile lui-même paſſe d'un côté à l'autre devant l'œil, l'image change également de place au fond de cet organe, & ſes mouvemens reçoivent les mêmes modifications : c'eſt pour cela qu'étant ſur l'eau, ſi l'on ne fait point attention au déplacement continuel du bateau dans lequel on eſt, on attribue au rivage & aux objets les plus fixes tous les mouvemens apparens qui réſultent des différentes poſitions par leſquelles les yeux paſſent.

Si le mobile ſuit toujours la même direction, il décrit une ligne droite, & nous l'y pouvons ſuivre de la vue,

XV. Leçon.

pourvu que les points de cetre ligne, ſur leſquels ſe font les apparitions ſucceſſives, puiſſent être rapportés diſtinctement par les angles optiques, ou ce qui eſt la même choſe, pourvu que des différents points pris ſur cette ligne, il puiſſe venir à l'œil du ſpectateur, des rayons qui forment des angles ſuffiſamment ouverts; car ſi ces angles ſont nuls, ou par trop aigus, comme il arrive quand l'objet vient droit à nous, ou s'en éloigne de même dans le lointain, alors le mouvement eſt inſenſible; ce que nous voyons ainſi nous ſemble reſter en place, & ce n'eſt qu'après un certain tems qu'il nous paroît s'être approché, parce que nous le voyons plus grand, plus éclairé, plus diſtinct qu'auparavant.

Le corps qui en s'avançant change ſouvent & inſenſiblement de direction, décrit une ligne courbe que nous diſtinguons fort bien, quand nous pouvons voir le plan qu'elle termine; mais la courbure, ſoit qu'elle ſe préſente par ſa convexité, comme *Q R S*, ou par ſa concavité, comme *T V X*, *Fig.* 18. ne s'apperçoit

point, ſi l'axe de la viſion *YV* ſe trouve dans le même plan : ainſi lorſque vous voyez de loin tourner un luſtre, auquel on n'a laiſſé qu'une bougie allumée, vous vous imaginez que cette lumiére (qui décrit pourtant une circonférence de cercle *RTVX*), ne fait que ſe mouvoir alternativement de droite à gauche, & de gauche à droite dans le diamétre *TX*; & par la même raiſon, quand vous regardez de côté un moulin à vent à une certaine diſtance, vous ne voyez qu'un mouvement de bas en haut, ou de haut en bas, qui ne vous rappelle nullement les révolutions circulaires de ſes ailes.

En parlant de la grandeur apparente des objets, j'ai toujours ſuppoſé que nous en jugions par les angles viſuels, eû égard au dégré d'éloignement; & c'eſt-là à mon avis, la premiére intention de la nature; puiſque par le moyen de ces angles, l'image de l'objet, l'impreſſion qu'il fait ſur l'organe, ſe met en proportion de grandeur avec lui, & ſe modifie ſelon la diſtance & ſelon la maniére dont cet objet ſe préſente : dire comme un au-

XV. Leçon.

teur célebre de notre tems, *que ces effets ſont des circonſtances qui accompagnent la viſion, plutôt que des principes qui lui ſervent de régles*, c'eſt oublier, ce me ſemble, une vérité dont tout le monde convient; ſavoir, que dans l'exercice de tous nos ſens, l'amplitude, auſſi bien que la force des impreſſions qui ſe font ſur nos organes, nous guident pour juger de la grandeur & du plus ou moins de proximité des objets qui les font naître. Il eſt vrai, par rapport à la vue ſur-tout, que nous dérogeons ſouvent à la loi générale, & que dans bien des cas, ce que nous voyons nous donne l'idée d'une grandeur qui n'eſt point proportionnée à l'image qui s'en trace au fond de nos yeux; mais cela vient de quelques cauſes particuliéres dont il eſt à propos de dire un mot.

Je regarde un homme qui eſt à 100 pas de moi : ſuivant la régle des angles viſuels, il devroit me paroître environ une fois plus petit que je ne le verrois à 50 pas; car ſon image dans le fond de mon oeil diminue dans cette proportion : cependant il me ſemble dans l'un & dans l'autre cas à peu

près de la même grandeur : c'eſt qu'étant fortement prévenu qu'un homme fait n'a pas communément moins de 5 pieds de haut, & appercevant dans ſon extérieur tout ce qui donne l'air d'un adulte, je céde ſans y prendre garde à ces connoiſſances intimes & familiéres qui l'emportent ſur les limites de la ſenſation, & maîtriſent mon jugement. Vous regardez de loin un arbre qui eſt auprès d'une maiſon, & vous eſtimez ſa hauteur 25 ou 30 pieds, parce qu'il vous paroît auſſi haut que cette maiſon, & que vous ſçavez d'ailleurs qu'un tel édifice n'eſt guére moins élevé que de 4 à 5 toiſes : ſi l'arbre étoit iſolé en raze campagne, vous le prendriez pour un buiſſon. Une perſonne qui, pour la premiére fois, porte la vue en pleine mer, prend volontiers pour une barque de pêcheur ce qu'un officier de marine reconnoît d'abord pour être un bâtiment conſidérable ; celui-ci en juge, non-ſeulement par la grandeur apparente, mais encore par certaines parties qu'il ſait diſtinguer mieux qu'un autre, par l'affoibliſſement de la lumiére & des couleurs, ce qui joint à

XV. LEÇON.

l'habitude de voir pareils objets de plus près, lui fait ſentir avec aſſez de juſteſſe le degré d'éloignement de celui-là, & par conſéquent la grandeur qu'on doit conclure de l'angle ſous lequel on l'apperçoit.

Mais, dira-t-on, ſi la viſion néceſſaire, celle qui nous conduit à connoître les objets pour ce qu'ils ſont, dépend de ces comparaiſons raiſonnées & de ces connoiſſances réfléchies, comment ſe fait-il qu'un payſan voye comme un homme bien inſtruit ? & pourquoi les animaux de toute autre eſpéce que la nôtre, ſans réfléchir & ſans raiſonner, diſtinguent-ils comme nous ce qu'il leur importe de bien voir ? car il faut bien que cela ſoit ; autrement eſt-il vraiſemblable qu'un liévre prît la fuite avec tant de frayeur & de précipitation devant le chaſſeur qu'il apperçoit à cent pas de lui, ſi celui-ci, ſelon les rapports des angles optiques, lui paroiſſoit comme un pigmée de quelques pouces de hauteur.

Pour répondre à ces objections, il faudroit pouvoir faire ſentir à quiconque l'ignore, quelle eſt la force de

l'habitude : quoique dans la viſion des objets, les impreſſions qui ſe font ſur l'organe ſoient réellement ſuivies des penſées, des jugemens, des raiſonnemens de l'ame, accoutumés dès notre plus tendre enfance, & continuellement exercés à juger ſur de pareils rapports, nous parvenons de bonne heure à le faire avec une ſi grande facilité, que l'inſtant de la délibération devenu inſenſible dans les cas ordinaires, n'exiſte plus, pour ainſi dire, que virtuellement : mais il n'en a pas toujours été de même ; c'eſt l'habitude de voir inſenſiblement acquiſe qui nous a conduits à voir ſi promptement, & cette habitude vient à l'homme le plus ſtupide, au moins ſur un certain nombre d'objets.

Si l'on veut ſe convaincre de cette vérité, il n'y a qu'à réfléchir un peu ſur ce qui ſe paſſe, lorſqu'on apprend à voir quelqu'objet particulier : en conſidérant par exemple, avec quelle aiſance un muſicien chante à livre ouvert, ce qu'il n'a jamais ni vu, ni entendu ; ne croiroit-on pas qu'il ne délibère aucunement ſur la valeur des notes, & qu'il ne ſe paſſe abſolument

XV. Leçon.

rien entre le coup d'œil & la prononciation ? il y a pourtant entre l'un & l'autre une action de l'ame, un jugement fondé ſur la figure & la poſition bien diſtinguée de chaque ſigne ; délibération, à la vérité, ſi prompte, qu'elle ne ſe laiſſe pas appercevoir à la perſonne même qui délibére, mais qui n'eſt devenue telle, qu'après avoir été long-tems lente & faſtidieuſement ſenſible.

Ce que je dis d'un livre de muſique, on peut l'appliquer à tout autre objet. L'Officier de marine qui juge dans l'inſtant & aſſez bien de la grandeur d'un bâtiment qui eſt à cinq ou ſix lieues en mer, n'a pas toujours eu le coup d'œil, ni auſſi prompt, ni auſſi ſûr ; & celui qui s'y trompe aujourd'hui, après avoir long-tems mal vu, ne s'en rapportant qu'aux angles viſuels, ou s'y fiant trop, deviendra plus habile à force de réflexions, & en acquérant des connoiſſances qui influeront, ſans qu'il y penſe, dans l'eſtimation qu'il fera de pareils objets.

Quant à l'autre difficulté, je conviens qu'à juger des animaux par ce que nous leur voyons faire, on diroit

qu'ils voyent à notre maniére, qu'ils ſavent quelquefois embraſſer un parti différent de celui qu'ils devroient prendre, en conſéquence de la grandeur, de la figure ou de la ſituation dont les objets ſe peignent dans leurs yeux ; mais j'ignore s'il n'y a pas en eux quelqu'intelligence ou faculté mémorative capable d'ajouter ou de retrancher à ces impreſſions, pour accommmoder à certaines fins les actions qui en doivent réſulter : c'eſt une grande queſtion dans laquelle je ne veux pas entrer, comme je l'ai déja déclaré en parlant des ſens en général.

Un jeune Anglois de 13 ans vit clair pour la premiére fois de ſa vie, par le ſecours & par les ſoins de M. Cheſelden, habile Chirurgien de Londres, qui lui abattit des cataractes, & M. Smith, dans ſon Traité d'Optique, raconte que ce nouveau clairvoyant ne pouvoit juger d'abord, ni de la grandeur, ni de la figure des objets, & qu'il n'y parvint qu'au bout d'un certain tems: cela prouve-t-il, comme on l'a prétendu, que les angles optiques ne ſervent à rien dans la

XV. Leçon.

viſion ? J'ai peine à le croire : tout ce qu'on en peut inférer, ſelon moi, c'eſt que ces angles ne déterminent point la grandeur de l'objet pour quiconque ignore à quelle diſtance il eſt de l'œil, comme je l'ai établi ci-deſſus. Or cette derniére notion ne nous vient que par expérience & par habitude ; par conſéquent il faut du tems pour l'acquérir ; le jeune homme qu'on nous cite auroit peut-être vu comme un autre dès le premier moment, il auroit ſu comparer pluſieurs grandeurs entr'elles, s'il avoit eu l'idée des diſtances & de leurs différences.

Si les angles optiques ne font rien à la viſion, s'ils n'en ſont que les circonſtances très-indifférentes, comme on l'a voulu établir, qu'on m'apprenne donc pourquoi, lorſqu'ils ſont aggrandis artificiellement par le moyen de quelque verre, ou autrement, je ne manque point de voir l'objet plus grand ? Quand je montre pour la premiére fois à un enfant une puce au microſcope, & qu'il la trouve auſſi groſſe qu'un hanneton, peut-on dire que cette idée lui vienne du préjugé de l'habitude, du degré de clarté, de

la

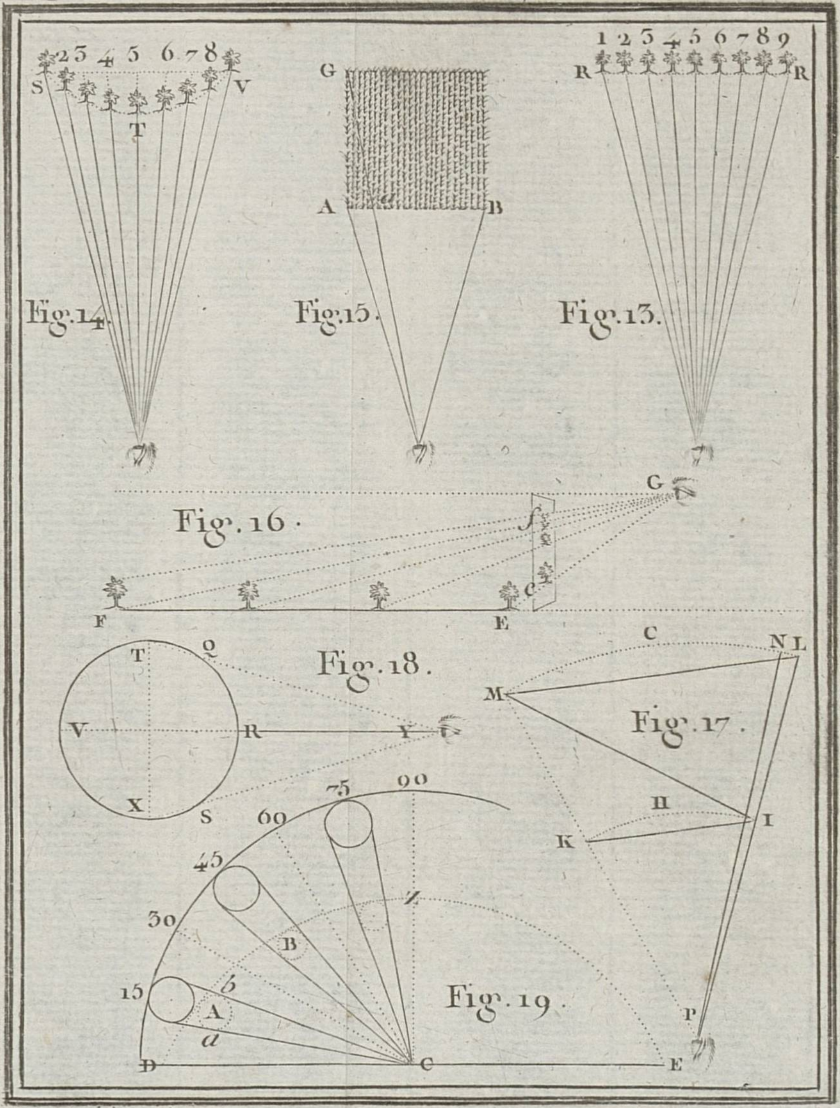
la comparaiſon qu'il en fait avec les objets circonvoiſins, &c ? N'eſt-il pas inconteſtable que cet enfant voit ainſi, parce que l'image de l'objet eſt amplifiée au fond de l'œil, ou ce qui eſt la même choſe, parce qu'il apperçoit cet objet ſous un plus grand angle ? Tenons-nous-en donc à ce qu'on a toujours dit, que les idées de grandeur, de ſituation, de figure excitées en nous par l'image des objets, tiennent, avant toutes choſes, aux angles viſuels, & à la poſition reſpective des rayons qui les forment ; & que s'il eſt des occaſions où le préjugé, les connoiſſances précédemment acquiſes, le degré de clarté, &c. entrent en conſidération, modifient ces idées, & nous empêchent de voir les objets tels qu'ils nous ſont repréſentés par ces angles, ce ſont autant d'exceptions qu'on ne doit pas mettre à la place de la régle générale.

Comme les objets ſe préſentent ordinairement à nos yeux avec d'autant plus de clarté, qu'ils ſont plus près de nous, l'habitude de les voir ainſi nous porte à croire que ces mêmes objets ſont fort éloignés, quand ils

XV. LEÇON.

ſont plus ſombres, moins lumineux que de coutume. Un auteur Anglois* qui a très-bien écrit ſur l'Optique, prétend, avec beaucoup de vraiſemblance, que c'eſt par cette raiſon que nous voyons le Soleil & la pleine Lune plus grands à l'horizon qu'en tout autre endroit du ciel, quoiqu'on ſçache bien que ces aſtres ſont alors plus éloignés de nous qu'ils ne le ſont au Zénith : car, dit-il, comme leur lumiére eſt alors beaucoup affoiblie, nous imaginons par habitude que cela vient d'un plus grand éloignement; & nous jugeons de même qu'ils ſont rapprochés, lorſqu'en s'élevant davantage au-deſſus de l'horiſon, ils deviennent plus brillants. Or, quoique l'angle viſuel *a C b*, *Fig.* 19. ſoit toujours le même, l'objet qu'il embraſſe, doit paroître plus grand ſi nous le croyons plus loin : j'eſtime donc par cette raiſon le diamétre de la Lune plus grand lorſqu'elle eſt en *A*, que quand elle eſt élevée en *B*; parce que dans ce dernier cas je la crois plus près de moi : & ſi je veux ſuivre l'aſtre dans ſa demi-révolution, il ne me paroîtra pas avoir décrit un demi-

* M. Smith.



Godin Sc.

cercle dont j'occupe le centre, mais un arc ſemblable â *D Z E*, à cauſe de ſes décroiſſemens apparens.

XV. LEÇON.

La même explication nous fait comprendre pourquoi le ciel a la figure d'une voûte ſurbaiſſée. Parce qu'il eſt beaucoup plus éclairé vers le Zénith que vers l'horiſon, ſes parties les plus ſombres nous ſemblent plus éloignées par proportion; & de-là il doit arriver que la courbure hémiſphérique ſe change en une autre courbe apparente *D Z E*, qui eſt de beaucoup ſurbaiſſée.

Quoique j'adopte très-volontiers ces raiſons, parce qu'elles me paroiſſent naturelles & propres à réſoudre ces queſtions ſur leſquelles les Phyſiciens ont tant diſputé, cependant je ne crois pas qu'on doive pour cela rejetter celle du P. Malebranche qui attribue la grandeur apparente de la Lune horiſontale à l'interpoſition des objets terreſtres: en effet, la diſtance des objets nous paroît toujours plus grande, quand il y en a beaucoup d'autres entr'eux & nous, quand ils ſont les derniers de tous ceux que nous pouvons appercevoir; & ce qui

XV. Leçon.

prouve que cela doit entrer en conſidération, c'eſt que la pleine Lune, ou le ſoleil levant étant vu par un tube, & par conſéquent comme un corps iſolé, perd beaucoup de cette grandeur apparente, ſur-tout quand on en fait l'épreuve avant que d'avoir apperçu l'aſtre à la vue ſimple : car ſans cela le préjugé peut entretenir l'illuſion.

Il faut pourtant convenir que la pleine Lune paroît quelquefois très-grande à ſon lever, quoique l'horiſon ſoit très-borné, comme lorſqu'on l'apperçoit à travers les branches d'un gros arbre, immédiatement au-deſſus de quelque édifice, derriére une montagne voiſine, &c. il eſt encore vrai, que quand on l'apperçoit ainſi inopinément, on eſt ſouvent frappé de ſa grandeur, avant que de penſer que ce peut être un aſtre; enfin, il y a des tems, où, ſans changer d'horiſon, ce phénomène nous paroît plus remarquable. L'explication de M. Smith, jointe à celle du P. Malebranche, ne me paroiſſent pas ſatisfaire à ces obſervations, d'où je conclus que l'effet dont il s'agit dépend, non pas d'une

ſeule cauſe, mais de pluſieurs enſemble, qu'il faut tâcher de réunir pour parvenir à une explication complette : pourquoi ne diroit-on pas avec Regis qu'une partie de ces effets vient des réfractions de la lumiére augmentées par les vapeurs qui régnent en plus grande abondance dans la partie de l'atmoſphére à travers laquelle nous appercevons l'aſtre, au tems de ſon lever ? & ne pouvons-nous pas penſer auſſi, comme le P. Gouye, que l'aſpect des autres corps accompagnant celui de la Lune nous l'a fait paroître plus grande, que quand elle eſt iſolée? C'eſt un effet que nous remarquons à l'égard des autres objets, ſur-tout, quand ils ſont, ou lumineux, ou fort éclairés dans des lieux ſombres.

XV. Leçon.

XVI. LEÇON.

Sur la Lumiére.

SUITE DE LA II. SECTION.

Article Second.

De la lumiére réfléchie, ou des principes de la Catoptrique.

XVI. Leçon. J'Ai déja dit au commencement de cette Section, que les rayons de la lumiére s'étendent en ligne droite tant qu'ils ſont dans un milieu d'une denſité uniforme; & c'eſt la loi commune de tous les mouvemens ſimples qui ſont cenſés n'avoir qu'une ſeule détermination. Ces mêmes rayons tojours ſoumis aux régles générales de la nature, ſont ſujets auſſi à ſe détourner de leur premiére direction, lorſqu'il ſe trouve ſur leur route un corps, qui leur refuſant le paſ-

ſage les force à rebrouſſer chemin, ou une matiére plus ou moins pénétrable pour eux, que celle dans laquelle ils ont commencé à ſe mouvoir; qui leur donne occaſion de s'incliner d'un côté, ou d'un autre: la premiére de ces deux ſortes de déviations eſt ce qu'on appelle *réflexion* de la lumiére; la ſeconde ſe nomme *réfraction*.

C'eſt principalement à la rencontre des corps opaques, que la lumiére ſe réfléchit: les plus durs, les plus compactes, ceux qui ſont ſuſceptibles du poli le plus parfait, & dont la couleur approche le plus du blanc, ſont univerſellement reconnus pour être les plus propres à cet effet: je n'ai rien à dire ſur cela que tout le monde ne ſache bien. L'éclat de la neige, le brillant des métaux, ſont des preuves auſſi communes que palpables de cette vérité. Mais ce qui paroîtra ſans doute bien étrange à pluſieurs de mes lecteurs, c'eſt qu'on diſpute aujourd'hui très ſérieuſement en phyſique pour ſavoir, ſi ce ſont les parties propres de ces ſurfaces qui font rejaillir la lumiére. Depuis les recher-

XVI. LEÇON.

ches & les découvertes admirables que Newton a faites ſur cette matiére, bien des gens d'après lui ſoutiennent la négative, & prétendent que les rayons ſont renvoyés ou repouſſés avant même que de toucher à la ſurface d'un corps, & cela par un certain *pouvoir* qu'on ne définit point, & qui enduit, pour ainſi dire, les ſurfaces, en s'ajuſtant à leurs figures.

L'obſcurité de l'expreſſion, & les conſéquences ſinguliéres qui ſe déduiſent de cette nouvelle doctrine, la rendent ſuſpecte aux perſonnes les plus raiſonnables, & qui ont le moins d'envie de rejetter avec partialité ce qui tient à la philoſophie Newtonienne. Quoi, dit-on, ce n'eſt point l'amalgame de mercure & d'étain appliqué derriére la glace de mon miroir qui me fait voir mon image? mais ſans cela cependant je ne vois rien: qu'elle place y a-t-il entre cet enduit métallique & le verre, pour y loger le prétendu *pouvoir réfléchiſſant*? ou s'il lui en faut ſi peu, comment fait-on qu'il agit à une cértaine diſtance des ſurfaces? ce n'eſt donc pas non plus ce métal

préparé

préparé avec tant d'art, & poli avec tant de ſoin, qui opére par lui-meme le merveilleux effet du téleſcope? & pourquoi ne fait-il plus rien voir quand il eſt ſeulement terni? que fait la netteté du métal à cette puiſſance qui ne tient point à lui, puiſqu'elle agit hors de lui? Enfin, quand je regarde un objet quelconque, ce n'eſt donc pas lui que je vois, mais quelque choſe d'étranger à lui; puiſque les points viſibles d'où procédent les rayons réfléchis ne ſont point ſa propre ſubſtance.

Il faut convenir qu'on peut faire ſur cela bien des queſtions embarraſſantes, & qu'il n'eſt guére poſſible de faire goûter ce pouvoir ſecret auquel on attribue les mouvemens réfléchis de la lumiére, à quiconque ſe ſera fait une loi de n'admettre en Phyſique aucune cauſe abſtraite, & qui ne ſoit intelligiblement méchanique. Mais ſi ce mot obſcur, par lequel on n'a voulu peut-être exprimer qu'un fait, & qui indiſpoſe tant de gens, parce qu'il a l'air d'introduire une qualité occulte, ſi ce mot, dis-je, étoit interprété dans un ſens vraiment

XVI. Leçon.

phyſique, ne fût-ce que par une conjecture plauſible, il pourroit arriver qu'on revînt de la répugnance qu'il inſpire, & qu'on ſe familiarisât peu-à-peu avec ſes paradoxes auxquels il donne lieu, & qui ſemblent d'abord ſi ridicules. C'eſt dans cette vue que je vais dire ce que je penſe avec quelques Phyſiciens de ces derniers tems, touchant la cauſe immédiate des réflexions de la lumiére. Si je puis me faire entendre, j'oſe me flatter que l'on concevra aſſez nettement comment il eſt poſſible que les rayons rejailliſſent à la rencontre d'un corps opaque, ſans toucher les parties propres de ſa ſurface.

Qu'on ſe rappelle ici ce que j'ai dit dans la premiére Section * en parlant de la nature de la lumiére, & de ſa maniére d'être. J'ai établi par des preuves tirées de l'expérience, que ce fluide qui nous fait voir les objets, eſt univerſellement répandu dans l'univers; qu'il exiſte au-dedans, comme au-dehors des corps; qu'il remplit tous les eſpaces qui ne ſont point occupés par une autre matiére; & qu'il n'y a rien dans la nature qui

* XV. *Leçon*, p. 4. & *ſuiv.*

n'en ſoit intimement pénétré, juſques dans ſes moindres molécules, de même, & bien plus encore, que n'eſt inhibée d'eau une éponge mouillée. Conſéquemment à cette premiére idée, nous devons concevoir que la contiguité des parties propres d'un corps quelconque eſt perpétuellement interrompue par des globules de la lumiére qui rempliſſent ſes pores ; & toute ſurface peut être conſidérée comme une eſpéce de tiſſu dont les mailles ſont remplies par ces mêmes globules.

Si l'on fait attention enſuite à la grande poroſité des corps, tellement connue & avouée des Phyſiciens, que ſelon la plûpart d'entr'eux, les métaux les plus compactes ont plus de vuide que de plein ; ſi l'on réfléchit ſur la prodigieuſe diviſibilité de leurs parties qui nous laiſſe à peine la liberté de conjecturer des atômes, & ſi l'on n'oublie pas que la matiére de la lumiére eſt un fluide d'une ſubtilité inexprimable, on concevra ſans peine que les mailles du tiſſu dont je parle, doivent être bien délicates, & que chacune d'elles contenant les

XVI. LEÇON.

globules de la lumiére comme enchâſſés & fixés dans un chaton, toutes enſemble compoſent une ſurface, où cette derniére matiére a bien plus de part que celle même des corps, qu'on ſe propoſe de voir, & qui lui ſert comme de cadre.

C'eſt donc principalement ſur ces globules encadrés que tombent les rayons, & comme ces filets de lumiére ne ſont eux-mêmes que des globules de la même nature alignés dans une même direction, & animés d'un mouvement de vibration, je conçois que les parties ſur leſquelles ils agiſſent, ayant un degré de reſſort ſemblable au leur, les répercutent & les renvoyent mieux que ne pourroit jamais faire la matiére propre de la ſurface à laquelle elles appartiennent; car quand on ſuppoſeroit que celle-ci fût élaſtique auſſi, eſt-il vrai-ſemblable qu'elle le ſoit au point de s'agiter, de trembler avec la même fréquence, de rendre en un mot, vibration pour vibration? ce qui paroît être cependant indiſpenſablement néceſſaire, pour conſerver aux rayons réfléchis le moüvement ou

l'action des rayons incidents, au moins dans le ſyſtême de ceux avec qui je penſe que la propagation de la lumiére ſe fait par un mouvement de preſſion.

XVI. LEÇON.

Une ſeule ſurface, ou plutôt une couche infiniment mince, conçue comme je viens de l'expoſer, ne ſeroit pas réfléchiſſante ; parce que les globules de la lumiére, comme des diamants montés à jour, tranſmettroient toute l'action qu'ils auroient reçue à d'autres ſuites de globules qui ſe trouveroient infailliblement derriére, puiſque tout eſpace en eſt plein : le même effet arriveroit encore, ſi les rayons tomboient ſur un corps compoſé de couches homogênes qui ſe répondiſſent maille pour maille, ou, ce qui eſt la même choſe, dont les pores fuſſent dirigés en lignes droites : & c'eſt l'idée qu'il faut ſe faire des corps diaphanes ou tranſparens.

La lumiére n'eſt donc réfléchie, que quand elle tombe ſur des globules de ſon eſpéce, rangés & arrêtés dans une ſurface, de maniére que l'action qui leur eſt communiquée, ne puiſſe, ni paſſer plus loin, ni être amortie par

XVI. Leçon.

quelque cauſe particuliére provenant de la nature ou de l'état actuel du corps qui les contient ; & comme en cela le tout ou rien n'a jamais lieu, on peut dire qu'il n'y a aucune ſurface qui réfléchiſſe parfaitement toute la lumiére qu'elle reçoit, comme il n'y en a point non plus d'où il n'en puiſſe revenir un peu.

Si l'on entend ainſi la cauſe du mouvement réfléchi de la lumiére, ce pouvoir réflectif qu'on attribue aux ſurfaces comme un être diſtingué d'elles-mêmes, ceſſe d'être un myſtere: c'eſt la lumiére éteinte & fixée à l'embouchure des pores, qui s'anime par l'action même des rayons qui la touchent, & dont la réaction ſe fait remarquer, quand le mouvement qu'elle reçoit ne peut paſſer plus loin. Cela n'eſt-il pas plus que probable, quand nous voyons un grand nombre de corps continuer de luire dans l'obſcurité, après avoir été expoſés au grand jour, comme je l'ai rapporté en parlant des phoſphores ? & ſi l'expérience nous porte à croire, qu'en certains cas la lumiére ſe réfléchit avant, & ſans même que les

ſurfaces des corps en ayent été touchées, ce phénoméne s'expliquera bien encore indépendamment de toute qualité abſtraite. On peut penſer que les globules arrêtés dans la ſurface d'un corps ſervent comme de points d'appui à ceux qui les précédent hors de cette ſurface, & que ceux-ci preſſés par les rayons qui tombent deſſus, réagiſſent ſur eux de maniére, que tous les points de réflexion ſe trouvent à une petite diſtance du corps ſur lequel ces rayons ſont dirigés.

J'avoue qu'en embraſſant cette opinion, on ſe met dans la néceſſité de renoncer aux idées les plus communes, & de ſe roidir contre des préjugés bien accrédités & bien difficiles à vaincre. Se perſuadera-t-on, par exemple, que les corps ne ſoient pas viſibles par eux-mêmes, mais ſeulement par les points de lumiére dont leurs ſurfaces ſont parſemées ? Qu'à proprement parler, nous n'avons jamais rien vu de tout ce que nous avons touché ? Cependant quel moyen de penſer autrement, ſi nous ne pouvons rien voir que ce qui nous renvoye de la lumiére ; & ſi les rayons qui nous

XVI. LEÇON.

tracent les images des objets ne peuvent être renvoyés vers nos yeux que par des globules de cette matiére impalpable, qui ſe trouve dans la même ſuperficie avec les parties propres des corps ? Aidons-nous de quelques comparaiſons, pour adoucir un peu la dureté de ces conſéquences, & pour diſpoſer les eſprits en leur faveur.

Quand vous jettez la vue ſur un morceau de drap teint en écarlate, votre premiére penſée n'eſt-elle pas que vous voyez un tiſſu de laine, & ne vous révolteriez-vous pas d'abord contre quiconque vous aſſûreroit que vous voyez toute autre choſe que cela ? Cependant ſi vous y faites bien attention, & ſi vous raiſonnez avec ordre, vous ſerez forcé de convenir que vous n'appercevez qu'un enduit de cochenille adhérent à la matiére propre de l'étoffe, des particules colorantes incruſtées dans les pores de la laine ; en un mot, une ſubſtance étrangere à l'objet que vous avez en penſée, & qui ne vous laiſſe voir de lui que ſa grandeur, ſa ſituation, ſa figure, & nullement ſa matiére propre.

Lorſque vous regardez un morceau de papier mouillé, & qu'il vous paroît plus bis qu'il n'a coutume de l'être étant ſec, vous n'ignorez pas que la cauſe de ce changement ne ſoit l'eau dont il eſt imbibé ; mais pourriez-vous avec la pointe de l'aiguille la plus fine toucher un endroit de la ſurface, qui ne participât à cet effet ? Que dis-je ? le meilleur microſcope ſeroit-il capable de vous faire diſtinguer les endroits où l'eau s'eſt logée, d'avec les parties ſolides qui n'ont pu en être pénétrées ?

Voilà donc, comme vous voyez, des cas (& j'en pourrois citer une infinité d'autres) où les corps ne ſont pas viſibles par leur propre matiére, mais ſeulement par une ſubſtance étrangére qui s'eſt logée dans leurs pores. Si l'art peut produire ces effets avec des teintures ou des liqueurs, qui n'approchent point à beaucoup près de la ſubtilité de la lumiére, pourquoi ne penſerez-vous pas que tous les corps naturellement imbibés de ce fluide dans lequel ils ſe ſont formés, & où ils ſont perpétuellement plongés, n'en euſſent tou-

XVI. LEÇON.

jours à leurs ſurfaces une quantité égale à celle de leurs pores, qu'on ſait être prodigieuſe, & que ce ne ſoit-là non-ſeulement la principale, mais même la vraie & la ſeule cauſe de leur apparence ou viſibilité ?

Je préviens votre réponſe : C'eſt, me direz-vous, que la lumiére priſe en elle-même n'eſt point un objet, au lieu que les particules colorantes, ou celles d'une liqueur, ſont de petits corps ; & quand ces matiéres étrangéres, ou accidentelles, s'offrent immédiatement à ma vue, en me cachant ce que je cherche à voir, ou ce que je crois voir, cette eſpèce de maſque au moins eſt un être réel & très-diſtinct de la lumiére qui m'en trace l'image.

Par les exemples que j'ai allégués, je n'ai prétendu faire entendre autre choſe, ſinon que les pores d'une ſurface, toujours beaucoup plus nombreux que ſes parties ſolides, peuvent être remplis d'une ſubſtance étrangére à laquelle on ne devroit faire nulle difficulté d'attribuer la réflexion des rayons qui rendroient cette ſurface viſible ; & je crois avoir ſuffiſamment

rempli cette vue. Quant à la nature de ces particules colorantes, ou par la préſence deſquelles il arrive des réflexions de lumiére différentes de ce qu'elles étoient auparavant, je conviens que ce ſont des petits corps, qui ne reſſemblent point à ces portioncules de lumiere que nous ſuppoſons logées à l'embouchure des pores; mais j'oſe avancer, & je le prouverai ailleurs, que la cochenille incruſtée dans les pores de la laine, n'eſt point par elle-même ce qui fait voir le drap rouge; elle n'en eſt que la cauſe occaſionnelle; & ſans une lumiére qui lui eſt propre, & dont elle eſt abreuvée comme une éponge, ni elle-même, ni la laine qu'elle couvre, n'auroit cette belle couleur qui éclate à nos yeux. L'eau qui altére la blancheur du papier, en le faiſant paroître plus bis, n'eſt pas non plus la cauſe immédiate de ce changement: ce n'eſt point, parce que j'apperçois des parcelles d'eau mêlées avec les parties propres du papier, que je vois celui-ci moins blanc qu'à l'ordinaire; c'eſt plutôt parce qu'une partie de la lumiére qui tombe ſur cette feuille,

XVI. Leçon.

trouvant les pores remplis d'une matiére tranſparente, s'abſorbe dans ſon épaiſſeur, & paſſe au-delà ; il en revient d'autant moins par réflexion : or un corps paroît plus obſcur, quand il réfléchit moins de rayons.

Je conviens qu'on auroit peine à concevoir, comment la lumiére peut être elle-même un objet viſible, ſi l'on faiſoit abſtraction des circonſtances. Ces petites portions de lumiére qui brillent à l'embouchure des pores, ſont comme autant de miroirs qui nous font voir les ſurfaces en nous renvoyant le jour qui les éclaire : mais il ne faut point oublier que ces miroirs ſont encadrés, pour ainſi dire, & circonſcrits ſuivant la figure, la grandeur & la ſituation des places qu'ils occupent : ainſi, par cela ſeul, leurs effets doivent varier comme la poroſité des corps, c'eſt-à-dire, à l'infini. Si vous ajoutez encore les différences qui peuvent venir de l'état actuel des ſurfaces, plus réguliéres, plus polies les unes que les autres, vous comprendrez aiſément pourquoi elles ne brillent pas toutes également, quoique viſibles par la même cauſe.

On pourroit m'objecter encore, que ſuivant mes principes, les corps les plus poreux devroient éclater en lumiére plus que tous les autres : ce qui eſt viſiblement contraire à l'expérience, puiſqu'aſſez généralement ce ſont ceux qui ſont les plus ſombres.

Mais ce n'eſt pas ſeulement parce qu'un corps eſt poreux qu'il réfléchit de la lumiére, c'eſt principalement, parce que ſes pores ſont remplis de portions de lumiére incapables de tranſmettre dans l'épaiſſeur du corps, ou au-delà, le mouvement qui leur eſt imprimé par les rayons incidens. Si ces vuides ſont tellement ouverts, qu'ils admettent non-ſeulement la matiére de la lumiére, mais auſſi quelqu'autre fluide, comme l'air de l'atmoſphére, s'ils ſont alignés de maniére que les globules qui s'y trouvent ayent la liberté de faire paſſer à d'autres l'action qu'ils ont reçue, cette plus grande poroſité, au lieu d'aider à rendre la ſurface plus lumineuſe, fera un effet tout contraire : cela n'a pas beſoin d'une plus grande explication.

Si l'on me demande préſentement

XVI. LEÇON.

pourquoi la plûpart des ſurfaces, en réfléchiſſant la lumiére vers nous, ne font naître dans nos yeux que leur propre image, tandis que d'autres (qu'on nomme pour cela *miroirs*,) y font arriver celle des objets qu'on leur préſente ſous un certain aſpect, je répondrai que les derniéres plus réguliéres, plus polies & plus reſplendiſſantes que les autres, renvoyent un plus grand nombre de rayons, & leur conſervent des directions qui ont des rapports meſurés & conſtans avec les rayons incidens qui leur ſont venus de l'objet. Je ne m'arrêterai pas préſentement à étendre & éclaircir davantage cette réponſe, parce qu'elle eſt l'objet principal de cet article dans lequel nous avons à traiter des effets de la lumiére réfléchie, en ſuppoſant toujours que les ſurfaces réfléchiſſantes ſont réguliéres, & d'un poli parfait.

Quand la lumiére va frapper un corps opaque, ſolide ou fluide, on peut dire qu'elle ſe partage en trois parties, dont une ſe réfléchit réguliérement, affectant, après qu'elle a touché la ſurface réfléchiſſante, une

direction qui a un rapport conſtant avec celle qu'elle avoit auparavant : une autre partie ſe réfléchit irrégulièrement en s'éparpillant de tous les côtés, à cauſe des inégalités qui ſe trouvent indiſpenſablement à la ſurface qui la renvoye (car il n'y en a aucune qui ſoit parfaitement polie); enfin une troiſiéme portion s'éteint dans le contact, ſoit que les parties propres du corps qu'elle touche ne ſoient pas capables de lui rendre, ou de lui laiſſer reprendre la force qu'elle perd en les heurtant, ſoit que ſon action pénétre dans les pores, & s'y anéantiſſe.

Suivant que ces trois parties de lumiére l'emportent l'une ſur l'autre par leurs quantités, les ſurfaces ſur leſquelles les rayons tombent, prennent différens noms, & produiſent divers effets par rapport à la viſion. Nous appellons *ſombres* ou *obſcures* celles qui abſorbent beaucoup de lumiére, & qui en renvoyent peu ; nous nommons *claires* ou *reſplendiſſantes*, celles qui en réfléchiſſent de toutes parts, & en grande quantité; & nous donnons le nom de *miroirs* à celles d'où la plûpart des rayons reviennent avec un

certain ordre. Celles-ci ſe font à peine appercevoir ; mais elles nous repréſentent diſtinctement les objets qui les éclairent : celles de la ſeconde eſpéce ſont très-viſibles, & ne font voir qu'elles-mêmes : les autres ne ſe font guére plus voir que les miroirs ; mais elles n'ont pas, comme eux, la propriété de repréſenter les objets éclairés qu'on leur oppoſe.

Comme il s'agit ici d'effets conſtans, on voit bien que c'eſt à cette portion de lumiére qui ſe réfléchit réguliérement, que nous devons avoir affaire, celle-là ſeule étant aſſujettie à des mouvemens qu'on puiſſe prévoir, & ſur leſquels il ſoit poſſible d'établir une théorie. Nous ſuppoſons donc que les ſurfaces réfléchiſſantes ſont des miroirs parfaits ; ou plutôt, nous faiſons abſtraction de la lumiére diſperſée par leurs irrégularités, ou éteinte par quelqu'autre défaut de leur part.

Un rayon de lumiére ne peut tomber ſur la ſurface d'un miroir que de deux façons, ou perpendiculairement, comme *f c* *Fig.* 1. par rapport à la ligne *a b* ; ou bien obliquement, comme

d c,

dc, par exemple. C'eſt à l'expérience à nous dire ce qui doit arriver dans l'un & dans l'autre cas : nous ne pouvons pas le deviner : parce que ne connoiſſant point *à priori* le degré d'élaſticité qui appartient, ni au rayon qui choque, ni à la ſurface qui eſt choquée, nous ne ſaurions prévoir au juſte comment ſe fera la réflexion.

XVI. LEÇON.

I. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

La Figure 2ᵉ. repréſente un cercle de matiére ſolide qui a 26 pouces de diamétre. Il eſt élevé verticalement ſur un pied qui ſe hauſſe & ſe baiſſe quand il le faut : il tourne ſur ſon centre, mais de maniére qu'il reſte de lui-même dans toutes les ſituations qu'on lui fait prendre. La circonférence eſt diviſée en 4 quarts, & chaque quart en 90 degrés à commencer par deux points diamétralement oppoſés. Cette circonférence graduée eſt élevée par quatre petits pieds, d'environ trois lignes au-deſſus du plan du cercle, & porte deux curſeurs, à l'un

XVI. Leçon.

deſquels eſt attachée une platine de cuivre *A* de 4 pouces en quarré, perpendiculaire au plan du cercle, & percée au milieu d'un trou rond de deux pouces de diamétre, avec un drageoir, pour recevoir, ou des verres de différentes eſpéces, ou des diaphragmes percés de diverſes maniéres; l'autre curſeur *B* porte un chaſſis de trois pouces de large ſur 6 de long, garni d'un papier huilé, & courbé ſuivant la circonférence du grand cercle, aux diviſions de laquelle répondent des lignes tracées ſur la largeur du papier tranſparent. *C*, *D*, ſont deux petits piliers à couliſſes élevés perpendiculairement ſur le plan du cercle, pour recevoir ſucceſſivement trois miroirs de métal de 6 pouces de long ſur deux de large, dont un eſt plan, & les deux autres courbes ſelon leur longueur, comme pour s'ajuſter à la circonférence d'un cercle de deux pieds de diamétre: de ces deux derniers miroirs, l'un eſt poli par ſa ſurface concave, & l'autre par ſa ſurface convexe; & quand un des trois eſt en place, la ligne *e f* tracée ſur le cercle, tombe perpendi-

culairement au milieu de ſa longueur.

Cette machine étant ainſi préparée & garnie du miroir plan, ſe place dans une chambre fermée de toutes parts, & dans laquelle il n'entre d'autre lumiére qu'un rayon du ſoleil gros comme le doigt qu'on fait paſſer à midi, ou dans quelque autre heure, qui n'en ſoit pas trop éloignée, par un trou pratiqué au volet de la fenêtre : il faut poſer le cercle de maniére, que le rayon raſant ſa ſurface tombe obliquement ſur le milieu du miroir, & vis-à-vis la ligne *ef*; enſuite on fait gliſſer le curſeur avec la platine *A*, juſqu'à ce que recevant le rayon total elle en tranſmette une partie par le trou d'un diaphragme de cuivre mince dont elle doit être garnie pour cette Expérience.

EFFETS.

1°. Le rayon ſolaire qui paſſe ainſi juſqu'au miroir rejaillit dans la partie oppoſée du même plan, & forme ſur le chaſſis tranſparent une image lumineuſe & ronde, comme le trou par lequel il a paſſé dans la platine *A*; & ſi l'on obſerve à quel degré répond

XVI. LEÇON.

le centre de cette image ſur la circonférence du grand cercle, on trouve qu'il eſt autant éloigné du point *e*, que l'eſt dans la partie oppoſée le centre du trou par lequel il a été reçu.

2°. Si l'on fait tourner le cercle & gliſſer la platine *A*, de maniére que le rayon tombe moins obliquement ſur le miroir, on trouve que l'image formée par le rayon réflechi ſur le chaſſis tranſparent, s'approche du point *e* dans la même proportion,

3°. Si le cercle eſt tourné de façon que le rayon incident ſuive la ligne *e f*, pour aller au miroir, alors on ne diſtingue plus de rayon réfléchi : il rejaillit de deſſus le miroir, par la même ligne qu'il ſuit en tombant.

On peut embraſſer ces trois réſultats dans cette propoſition générale : *La lumiére, lorſqu'elle eſt réfléchie, fait toujours l'angle de ſa réflexion égal à celui de ſon incidence.*

EXPLICATION.

Le mouvement réfléchi, comme nous l'avons vu dans la IV Leçon, vient de ce que les parties du mobile, ou celles de la ſurface ſur laquelle il

tombe, ſe rétabliſſent après avoir été comprimées; car ces parties, comme autant de petits reſſorts, en ſe remettant dans leur premier état, repouſſent devant elles le corps qui les avoit pliées : ainſi le mouvement dont un rayon de lumiére eſt animé revient ſur lui-même, quand ſa direction eſt, comme *f c*, *Fig.* 1. perpendiculaire à la ſurface du miroir.

XVI. LEÇON.

Dans le cas de l'incidence oblique, on peut conſidérer la lumiére, ou ſon action, comme tranſportée par deux mouvemens, dont l'un la fait deſcendre de la quantité *d g*, tandis que l'autre la fait avancer à une diſtance égale à *d P* : la rencontre du miroir ne change rien à ce dernier mouvement, dont la direction eſt parallele à la ſurface *a b* : ainſi la lumiére doit continuer de s'avancer de la quantité *c h*, , en auſſi peu de tems qu'elle en a mis pour parcourir une diſtance égale à *d P*. Mais l'autre mouvement qui l'a fait deſcendre de la hauteur *d g*, ſe détruit totalement par l'obſtacle du miroir qui lui eſt directement oppoſé, & il en renaît un autre dans une direction contraire,

XVI. LEÇON.

par la réaction des parties comprimées : or de ce nouveau mouvement qui tend vers *P*, & de celui qui ſubſiſte avec la direction *c h*, il s'en compoſe un par lequel le rayon s'incline néceſſairement à la partie *a c* du miroir ; & cette inclinaiſon *c e* doit être égale à *d c*, ſi par le reſſort des parties qui ſe rétabliſſent après le choc, le rayon reçoit autant de vîteſſe pour remonter, qu'il en avoit pour deſcendre, lorſqu'il eſt tombé ſur le miroir.

Puiſque nous voyons par le fait que l'angle *e c h* eſt égal à *d c b*, & que cette égalité a lieu dans toutes les incidences poſſibles, nous devons donc conclure que le reſſort des parties qui cauſe la réflexion eſt parfait, c'eſt-à-dire, qu'elles ſe rétabliſſent complétement, & en auſſi peu de tems qu'il en a fallu pour les comprimer ; car ſans cela le rayon réfléchi, en s'avançant à la diſtance *c h*, ne parviendroit jamais auſſi haut que le point *e* : ce qui rendroit l'angle de réflexion plus petit que celui d'incidence. Par conſéquent, l'expérience, en nous montrant cette égalité des angles, nous apprend que les parties

de la lumiére ſont d'une élaſticité parfaite, ou que s'il y manque quelque choſe, on ne s'en apperçoit pas ſur des rayons réfléchis d'une aſſez grande longueur; car l'expérience, dont il eſt ici queſtion, ſe peut faire bien plus en grand, & toujours avec le même ſuccès. Nous ne pouvons pas attribuer ce parfait reſſort aux miroirs, puiſqu'on en fait avec toutes ſortes de matiéres, pour peu qu'elles ſoient ſuſceptibles de poli; eſt-il naturel de penſer que tous les corps qui renvoyent la lumiére, ſoient compoſés de parties parfaitement élaſtiques?

Cette derniére conſidération eſt encore d'un aſſez grand poids, pour nous porter à croire que ce ne ſont pas les parties propres des ſurfaces qui réfléchiſſent la lumiére; car ſi elles ne ſont, ni abſolument inflexibles, ni parfaitement élaſtiques, comment n'amortiſſent-elles pas l'action de la lumiére incidente? & ſi cette action s'affoiblit dans le choc, pourquoi retrouve-t-on au rayon réfléchi une vîteſſe égale à celle qui a péri contre le miroir? Il eſt bienvrai que la lumiére renvoyée par une ſurface,

XVI. LEÇON.

quelque polie qu'elle ſoit, n'eſt jamais auſſi forte que celle qui vient directement du corps lumineux; mais ce déchet ne tient point au mouvement des rayons : il vient de ce que leur nombre eſt diminué, pluſieurs d'entr'eux ayant été, ou abſorbés, ou détournés, comme je l'ai fait entendre ci-deſſus.

La loi générale que je viens d'établir par l'Expérience précédente, ſavoir : *que la lumiére fait toujours ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence*, eſt le fondement de toute la Catoptrique; les autres n'en ſont que des applications; & quiconque ſauroit bien manier ce principe (*a*) ſe-

(*a*) Un Géometre qui ſait par expérience, 1°. que la lumiére ſe meut toujours en ligne droite dans un milieu homogêne; 2°. qu'à la rencontre des miroirs elle fait l'angle de ſa réflexion égal à celui de ſon incidence, peut ſe paſſer des moyens que je vais employer pour expliquer les principaux phénoménes de la Catoptrique : tous les cas que j'ai à parcourir & à examiner, ſont autant de problêmes dont la ſolution ſera pour lui plus facile, plus sûre, plus préciſe & plus étendue que tout ce qu'on peut attendre des Expériences, où l'imperfection & l'embarras des machines ſe fait toujours ſentir. Je n'offre donc cette partie de mon Ouvrage qu'aux lecteurs qui ne peuvent ſe paſſer

roit

roît en état de prévoir tous les effets des miroirs, de quelques ſigures qu'on les ſupposât, & d'en rendre raiſon: mais pour faciliter cette étude aux perſonnes que nous ſuppoſons n'être pas ſuffiſamment initiées, je vais expoſer les cas les plus généraux, & tâcher de faire entendre comment de cette régle naiſſent certains faits capitaux, auxquels on peut rapporter tous les phénoménes qui dépendent de la lumiére réfléchie.

Soit que la lumiére réfléchie nous trace l'image d'un objet, ſoit qu'elle produiſe de la chaleur, ce n'eſt jamais par un ſeul rayon qu'elle opére ces effets; il y en a toujours pluſieurs qui agiſſent enſemble; & comme la réflexion de chacun d'eux dépend de ſon incidence particuliére, il faut prémiérement conſidérer dans quel ordre ces rayons arrivent à la ſurface réfléchiſſante: ils peuvent être divergents, paralleles ou convergents, & par cela ſeul l'incidence peut être plus ou moins oblique pour les uns que pour les autres.

des preuves ſenſibles, ou qui ſeront curieux d'apprendre juſqu'à quel point l'Expérience peut ſervir à confirmer la théorie.

XVI. LEÇON.

En ſecond lieu, on doit avoir égard à la figure du miroir, s'il eſt plan ou courbe, concave ou convexe; car les rayons tombant ſur différents points des ſurfaces, & ces points étant tantôt dans un ſeul & même plan, tantôt dans des plans plus ou moins inclinés les uns que les autres aux rayons incidents, il eſt facile de comprendre que la réflexion de ceux-ci doit varier d'autant : ce qui peut apporter beaucoup de changement à leurs poſitions reſpectives.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence ſont réfléchis par un miroir plan.

II. EXPERIENCE.

Explication.

L'appareil de cette Experience eſt le même que dans la premiére, avec cette ſeule différence, qu'au lieu d'un rayon ſolaire, on en fait paſſer deux par le diaphragme de la platine *A*, lequel pour cet effet eſt percé de deux trous ronds de 3 lignes de diamétre, dont les centres ſont à 10 degrés de diſtance l'un de l'autre.

Effets.

Avec quelque degré d'inclinaiſon que ces deux rayons paralleles ſoient reçus ſur le miroir *C D*, on obſerve conſtamment qu'après la réflexion, ils demeurent ſenſiblement paralleles entr'eux; car les deux cercles lumineux qu'ils impriment ſur le papier du chaſſis *B*, à meſurer la diſtance des centres, ſont autant éloignés l'un de l'autre, que les trous du diaphragme qui eſt en *A*.

Explication.

Puiſque le miroir eſt plan, les deux endroits *a*, *b*, *Fig.* 3. qui reçoivent les rayons incidents *a c*, *b d*, ſont dans une ligne droite; quand les rayons ſont paralleles entr'eux, les angles *c a e* & *d b f* qu'ils font avec la partie du miroir à laquelle ils ſont inclinés, ſont égaux; & puiſque la lumiére fait toujours ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence, l'autre partie *a g* du miroir étant la continuation de la ligne droite *f a*, les deux angles *i b h*, *g a k*, deviennent encore égaux, & delà ſuit néceſſairement le parallèliſme

des deux rayons réfléchis *a k*, *b h*.

XVI. LEÇON.

Les deux rayons ſolaires que je donne comme paralleles dans cette Expérience, ne le ſont pourtant qu'à peu-près, & parce qu'on n'en conſidére qu'une longueur de deux pieds. A parler exactement, il faut convenir qu'ils ſont divergents, & que les deux centres des images lumineuſes ſur le papier du chaſſis *B* ſont un peu plus diſtants l'un de l'autre, que ceux des trous du diaphragme en *A*.

Il eſt néceſſaire de bien entendre ceci, & pour cela il faut faire attention, que le faiſceau des rayons ſolaires qui paſſe par un trou de la fenêtre dans la chambre, ne vient pas d'un ſeul point radieux, mais de tous les points de la ſurface de l'aſtre auxquels ce trou eſt expoſé. Or, nous avons vu dans la Leçon précédente * que les jets de lumiére qui de pluſieurs endroits viennent ainſi ſe rendre au même paſſage, s'y croiſent & forment entr'eux des angles oppoſés par leurs pointes, & qui ſont par conſéquent égaux. Le diamétre du ſoleil ſoutend un arc de 32 minutes ; c'eſt-à-dire que ſi l'on conçoit

* Page 96.

comme un grand cercle la révolution apparente du ſoleil en 24 heures, le diſque de cet aſtre en couvre par ſa largeur un peu plus d'un demi-degré; d'où il ſuit que les rayons qui partent des points diamétralement oppoſés de ſes bords, & qui viennent ſe croiſer dans le trou de la fenêtre, doivent terminer dans la chambre obſcure, non pas un cylindre, mais une pyramide lumineuſe dont la baſe occupe 32 minutes d'une circonférence de cercle qui auroit ſon centre au trou dans lequel ſe croiſent les rayons en entrant.

XVI. LEÇON.

Quoique les rayons ſolaires employés dans notre expérience n'ayent point à la rigueur le parallèliſme que nous leur ſuppoſons, l'effet que nous voyons nous autoriſe toujours à croire, que les rayons parallèles dans leur incidence continuent conſtamment de l'être, quand ils ſont réfléchis par un miroir plan, parce que cela tient à l'égalité des angles de réflexion & d'incidence qui a été prouvée précédemment, & à la nature du miroir, & non pas à un parallèliſme plus ou moins parfait, com-

XVI. Leçon.

me on peut voir par l'explication que nous avons donnée du fait.

SECOND CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence ſont rèfléchis par un miroir plan.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

On ſe ſert encore ici de la même machine, *Fig.* 2. en ajoutant ſur le diaphragme en *A* un verre concave, dont la propriété eſt de rendre la lumiére divergente, comme nous l'expliquerons ailleurs. On ôte le miroir de ſa place, pour voir d'abord ſur le chaſſis tranſparent qu'on abaiſſe dans le quart de cercle *E*, de combien les deux rayons ſont divergents: après quoi l'on remonte le chaſſis, & l'on remet le miroir.

Effets.

On voit par la diſtance ou l'écartement des deux images lumineuſes ſur le chaſſis *B*, que les rayons réfléchis ont le même degré de divergence qu'ils avoient avant que de toucher le miroir.

TROISIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence ſont réfléchis par un miroir plan.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On procéde de la même maniére que dans l'Expérience précédente ; mais au lieu du verre concave en *A*, on employe un verre convexe qui raſſemble les rayons ſolaires à 24 pouces de diſtance.

EFFETS.

Quand le miroir eſt ôté, les deux rayons convergent ſur le chaſſis tranſparent qu'on a baiſſé ; & lorſqu'on a remis le miroir en place, & qu'on a fait remonter le chaſſis, les rayons réfléchis ſe raſſemblent de même, & forment un ſeul point lumineux comme auparavant : ce qui prouve égalité de convergence, après comme avant la réflexion.

EXPLICATION.

Si l'on a bien compris ce qui a été

XVI. LEÇON.

dit pour expliquer les effets de la ſeconde Expérience, on n'aura pas de peine à voir pourquoi la réflexion qui ſe fait ſur un miroir plan ne change rien à la divergence, ni à la convergence des rayons incidents; car puiſqu'en pareil cas les deux angles de reflexion toujours égaux à ceux d'incidence, conſervent néceſſairement le parallèliſme aux rayons qui tombent ſur le miroir avec des inclinaiſons ſemblables, quand ceux-ci ne ſont point paralleles, c'eſt une néceſſité que leur réflexion réglée ſur leur incidence les repréſente avec la divergence ou la convergence que leur donnent ces différents degrés d'inclinaiſon, avec leſquels ils viennent frapper le miroir. Jettez ſeulement les yeux ſur les Figures 4 & 5, & vous verrez que *i b h*, & *g a k*, étant égaux à *d b f*, & *c a e*, les rayons réfléchis à la diſtance *F*, ſe réuniſſent ou s'écartent de la même quantité que les rayons directs l'euſſent été en *E* ſans l'interpoſition du miroir.

Il faut remarquer, 1°. que dans la III Expérience, non-ſeulement les cercles lumineux ont paru plus écartés

l'un de l'autre ſur le papier du chaſſis *B*, que ne l'étoient les rayons en ſortant des trous du diaphragme *A* ; mais encore que chacun d'eux eſt devenu plus grand que dans la II Expérience. 2°. Que quand les rayons ont été rendus convergents dans la IV Expérience, les deux enſemble n'ont plus formé qu'un point lumineux à l'endroit de leur réunion, au lieu d'un cercle de 3 ou 4 lignes de diamétre égal au trou de la platine *A*.

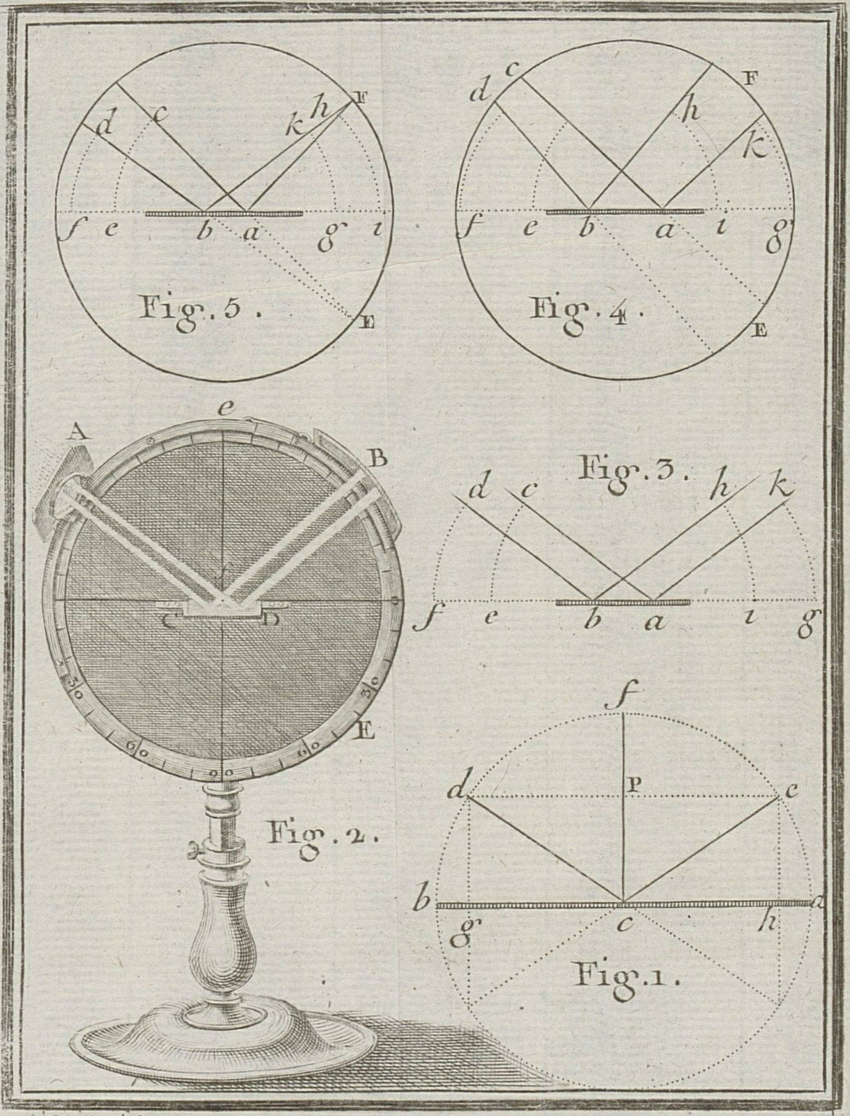
Tout cela vient de ce que les verres concaves & convexes dont on ſe ſert pour faire diverger & converger les deux jets cylindriques, produiſent les mêmes effets ſur les filets de lumiére dont chacun d'eux eſt compoſé. J'aurois donc pu n'employer dans ces Expériences, & dans celles qui vont ſuivre, qu'un ſeul jet de lumiére ; puiſqu'en comparant le cercle lumineux formé par le rayon réfléchi ſur le chaſſis tranſparent, avec celui qui auroit été produit par le rayon direct, ou avec le trou de la platine en *A*, nous aurions appris de même les effets des miroirs, par rapport à la direction reſpective des parties de la

XVI. LEÇON.

lumiére ; mais j'ai mieux aimé en employer deux, pour rendre la théorie plus ſenſible, plus ſimple & plus aiſée à exprimer par des figures. Qu'on ſe ſouvienne ſeulement, que les deux rayons que nous faiſons paroître dans nos Expériences en faiſant abſtraction de leur forme particuliére, peuvent toujours repréſenter des cylindres, des pyramides ou des cônes de lumiére coupés ſelon la longueur de leur axe.

APPLICATIONS.

La ſurface d'une eau claire & tranquille fut ſans doute le premier modéle des miroirs ; mais on peut dire que l'art en imitant la nature, l'a de beaucoup ſurpaſſée dans cette partie ; car outre que les plaques de métal polies par leſquelles on a commencé, & les glaces étamées qu'on leur a ſubſtituées depuis, repréſentent les objets d'une maniére bien plus vive ; ces merveilleuſes inventions ont encore ſur ces miroirs fluides l'avantage d'avoir tranſporté dans nos appartements, tant pour la décoration, que pour l'utilité, des effets qui euſſent été



Govin. Sc.

reſtreints à peu d'uſage, & qui ſe paſſoient le plus ſouvent ſous des yeux qui n'en ſentoient pas toute la beauté. Le philoſophe le plus ſévere ſe déride aujourd'hui dans la maiſon d'un homme opulent, lorſqu'entouré de glaces richement encadrées, & placées avec intelligence, il apperçoit par-tout ſon portrait & ſes mouvements, du monde, des bâtiments, des jardins immenſes au-de-là d'un mur, où il ſait qu'il ny a rien de tout cela; des points de vue amenés comme malgré eux à des directions plus convenables, & quantité de ſemblables illuſions plus charmantes les unes que les autres: il eſt entré en maudiſſant le luxe, il ſort en admirant ce que l'on a ſu faire pour le contenter.

Les anciens miroirs étoient faits, non d'acier, comme bien des gens le penſent, mais de cuivre allié d'étain, & d'arſenic ou d'antimoine, pour être de la couleur de l'argent; mais outre que cela devenoit d'un poids incommode, d'un prix aſſez conſidérable & difficile à travailler en grand, ce métal compoſé avoit encore l'in-

XVI. LEÇON.

convénient de ſe ternir promptement, ce qui le rendoit déſagréable à voir, & hors d'état de réfléchir la lumiére aſſez bien pour repréſenter les objets. Depuis l'invention des glaces, on ne fait plus de ces miroirs qu'en petit, & dans le cas ou l'on auroit trop de peine à les conſtruire avec du verre.

Les glaces enduites par derriére d'un amalgame d'étain & de mercure ſont plus légeres, moins coûteuſes, & d'un poli plus durable que le métal dont je viens de parler; mais elles ont un défaut qui ne permet pas qu'on les employe dans les inſtruments de Catoptrique, où l'on a beſoin d'une grande préciſion; c'eſt que preſque toujours elles donnent deux images de l'objet, l'une par la ſurface antérieure, l'autre par le tain qui couvre la derniére, avec cette différence, que celle-ci eſt beaucoup plus forte; & cet effet eſt d'autant plus marqué, que la glace eſt plus épaiſſe, comme on en pourra aiſément juger en jettant les yeux ſur la *Fig.* 6. dans laquelle *a b*, repréſente la premiére, & *c d* la derniére ſur-

face d'une glace au tain ; car on voit que ſi deux rayons partant du même point de l'objet ſont réfléchis, l'un par la ſurface *d b*, l'autre par *c d*, le premier portera l'image du point lumineux en *e*, & le dernier la fera voir en *f*.

On ne peut pas ſe ſervir d'un ſeul miroir plan, quelque grand qu'il ſoit, pour raſſembler les rayons ſolaires ; ni augmenter par-là le degré de chaleur qu'ils produiſent ; car comme une telle réflexion ne change rien à leur parallélisme naturel, on n'en doit point attendre un effet qui ne pourroit arriver que par leur convergence : la lumiére directe du ſoleil ſeroit plus efficace, le miroir n'étant jamais aſſez parfait pour réfléchir réguliérement tous les rayons qui tombent deſſus.

La clarté des bougies fait communément plus d'effet dans les lieux où il y a beaucoup de glaces ; parce qu'indépendamment de ces petites flammes, dont les images ſe multiplient, il revient plus de lumiére de deſſus les glaces polies, que des lambris peints, ou des meubles qui couvrent les murailles.

XVI. LEÇON.

Quand nous regardons directement un objet, c'eſt cet objet même que nous voyons ; & s'il eſt près de nous, nous le voyons preſque toujours tel qu'il eſt ; mais dans un miroir nous n'appercevons que ſon image. Cette eſpéce de phantôme, au lieu de paroître appliqué à la ſurface réfléchiſſante qui le fait naître, ſe voit toujours au-delà à une diſtance plus ou moins grande, ſuivant celle de l'objet au miroir : ſa grandeur, ſa ſituation, ſa figure ne répondent pas toujours à celles du corps qu'il repréſente : cherchons les raiſons de tous ces effets ; & pour nous faire mieux entendre, procédons par des ſuppoſitions extrêmement ſimples.

Repréſentons la ſurface d'un miroir plan par la ligne droite *a b*, *Fig.* 7. Soit un point lumineux *c* dont un rayon *c d* aille frapper le miroir ; & ſe réfléchiſſe comme *d e*. L'objet apperçu par ce dernier trait de lumiére ne ſera pas jugé en *c* où il eſt ; mais dans la ligne *e f*, (la diſtance reſtant indéterminée) parce que, comme nous l'avons enſeigné précédemment *, on voit toujours dans la

* XV. Leçon, p. 76.

direction des rayons qui entrent dans l'œil : or dans le cas préſent, l'œil reçoit le rayon *d e* qui fait partie de la ligne *e f*.

Quant à la diſtance, il faut faire attention que jamais nous ne voyons par un rayon ſimple : de chaque point viſible il nous vient une pyramide de lumiére dont la prunelle de notre œil meſure la baſe ; *c d* ; *d e*, *Fig* 7. n'eſt donc, à proprement parler, que l'axe de la pyramide partie incidente, partie réfléchie repréſentée par la *Fig*. 8. Il faut encore ſe ſouvenir que quand les objets ſont près de nous, nous déterminons la diſtance des points viſibles par le degré de divergence des rayons qui forment les pyramides lumineuſes ; c'eſt-à-dire, que chacun de ces points nous paroît être à l'endroit où les rayons iroient ſe réunir, ou ſe croiſer, s'ils partoient de l'œil dans le même ordre avec lequel ils s'y ſont préſentés : c'eſt donc en g que le point *c* doit être apperçu, quoique la réunion des rayons ne ſoit qu'imaginaire.

Mais l'Expérience nous ayant fait voir que la réflexion par un miroir

XVI. Leçon.

plan ne change rien à la divergence des rayons, il s'enſuit que les points g & c ſont de part & d'autre à égales diſtances de la ſurface réfléchiſſante *a b*, & qu'ayant l'œil placé en *e*, on voit par réflexion l'image du point *c*, préciſément auſſi loin qu'on l'auroit jugée, en le regardant lui-même directement du point *h*.

Voilà donc pourquoi nous voyons toutes les images eſpacées entr'elles derriére une glace, comme les objets le ſont devant elle : voilà ce qui fait que notre propre image s'avance vers nous, quand nous marchons vers le miroir, & que les mouvements & les geſtes que nous faiſons en avant & en arriére ſont rendus en ſens contraire : d'où il arrive que ſans une grande habitude, nous avons peine à diriger l'action de nos mains en les conduiſant de l'œil par le moyen d'un miroir ; car leur image paſſant d'avant en arriére, par rapport à nous, quand nous la faiſons agir d'arriére en avant, nous croyons toujours avoir fait quelque mouvement contraire à notre intention, & cette incertitude nous fait héſiter, & nous rend mal-adroits.

Nous

Nous jugeons de la grandeur des images apperçues derriére les miroirs, comme de celles des objets que nous voyons par des rayons directs ; c'eſt-à-dire, que nous eſtimons leurs dimenſions par les angles viſuels qui les embraſſent. Ainſi, comme ſuivant le réſultat de la IV Expérience, la réflexion qui ſe fait par un miroir plan conſerve aux rayons de lumiére le degré de convergence qu'ils avoient dans leur incidence, il s'enſuit que l'angle *k e l*, *Fig. 9.* eſt égal à *K i L*, & qu'on doit voir l'image *k l*, préciſément de la même grandeur qu'on verroit l'objet *K L*, lui-même, ſi on le regardoit du point *i*. C'eſt pourquoi l'on dit qu'une glace eſt *fauſſe*, quand l'image y paroît plus petite ou plus grande que l'objet qu'elle repréſente, parce qu'en effet cela n'arrive point quand elle eſt vraiment droite dans toute ſa ſurface, comme elle doit l'être.

Les images qu'on apperçoit derriére les miroirs tenant lieu d'objets à la viſion, nous dérogeons ſouvent, par prévention ou par habitude, à la régle des angles viſuels, pour eſti-

mer leur grandeur & leur diſtance.
XVI. LEÇON. On peut appliquer ici tout ce qui a été dit à ce ſujet dans la Section précédente, en conſidérant de plus, que comme la rencontre des miroirs les plus parfaits, cauſe toujours un déchet de lumiére, la clarté des images devient par-là moindre que celle des objets, ce qui nous porte à croire qu'elles ſont dans un éloignement plus grand que celui qui réſulte de la diſpoſition des rayons réfléchis.

Il eſt preſqu'inutile de faire remarquer, qu'un homme qui ſe regarde dans un miroir voit toute la partie droite de ſon corps à la gauche de ſon image ; cela ne peut pas être autrement dès que celle-ci ſe préſente face à face de ſon objet ; elle en eſt comme la contre-épreuve : deux perſonnes vis-à-vis l'une de l'autre ſe voyent de la même maniére.

Mais ce qu'il eſt à propos d'obſerver, c'eſt que quand on eſt ainſi debout devant une glace, on ne peut voir de ſa propre grandeur qu'une partie qui égale deux fois celle du miroir ; de ſorte que ſi ce miroir n'a pas la moitié de votre hauteur, vous

ne pourrez pas vous y voir tout entier. Vous verrez davantage une perſonne de votre taille, qui ſera placée plus loin que vous de ce même miroir ; comme auſſi vous verrez moins celle qui ſera dans un moindre éloignement. Pour comprendre aiſément les raiſons de ces effets, il faut jetter les yeux ſur la *Fig. 9.* & conſidérer, que quand l'objet & l'œil ſont à égales diſtance du miroir, comme cela eſt, quand on ſe regarde ſoi-même, les deux rayons qui forment l'angle *k e l*, & qui terminent les deux extrêmités de l'image, ſont coupés à la moitié de leur longueur par la ligne *a b* qui repréſente la ſurface réfléchiſſante : or leur écartement dans cet endroit eſt égal à la moitié de l'eſpace *k l*, dans lequel eſt renfermée toute l'image : d'où il ſuit évidemment, que ſi le miroir étoit moins haut que *m n*, il ne feroit pas voir l'objet *K L* tout entier.

En un mot, puiſque les rayons *m e*, *n e*, réfléchis par un miroir plan, conſervent le degré de convergence qu'ils avoient en venant des extrêmités *K L*, de l'objet, les apparences par la

XVI. LEÇON. partie *m n*, doivent être telles qu'elles ſeroient par un trou à jour de même grandeur fait dans une planche, ſi l'œil étoit placé derriére. Or on ſait qu'en regardant par cette ouverture, on découvriroit une étendue plus ou moins grande, ſuivant qu'on ſeroit plus ou moins près de cette eſpece de fenêtre, & il eſt aiſé d'en trouver les proportions; car ſi l'on conſidere que l'œil eſt comme le centre, ou le point de convergence de tous les rayons viſuels qui raſent les bords du trou, ces mêmes rayons prolongés au-dehors montreront par leur écartement, l'étendue qu'ils embraſſent à une diſtance donnée.

On doit donç avoir égard à toutes ces conſidérations, quand on fait placer des glaces dans les appartements, à deſſein de faire voir des édifices, des parties de jardins ou des points de vue qu'on aime à rencontrer; ſans cela on court riſque de manquer ſes projets, ou de ne les remplir qu'imparfaitement.

La ſituation de l'image dépend de la poſition de l'objet, relativement à celle du miroir: comme chaque par-

tie de l'objet & le lieu de ſon apparence, ſont de part & d'autres à égales diſtances de la ſurface réfléchiſſante, s'il y a quelqu'une de ces parties plus près ou plus loin du miroir, l'image la repréſentera de même : voilà ce qui fait que *k l*, *Fig.* 9. eſt inclinée dans un ſens contraire à ſon objet *K L.* car il faut que le point *k*, ſe trouve plus près de la ſurface *a b*, que le point *l*. Qu'un homme ſe couche tout à plat ſur le parquet d'une chambre, ayant les pieds contre une glace élevée d'aplomb, ſon image paroîtra couchée de même, elle aura comme lui les pieds contre la glace, & la tête dans le plus grand éloignement; & ſi cet homme ſe roidiſſant ſur les talons, ſe fait relever de maniére que ſon corps décrive un quart de cercle, l'image paſſera auſſi par tous les degrés d'inclinaiſon, juſqu'à ce que l'un & l'autre ſe trouvent paralleles à la glace qui ſera entr'eux deux.

On voit par-là de quelle conſéquence il eſt de placer les glaces dans les appartements, de façon qu'elles faſſent exactement des angles

XVI. LEÇON.

droits avec les planchers & avec les murs ; ſans quoi, ni les uns, ni les autres, ne peuvent s'aligner avec leurs images ; parce que celles-ci s'inclinent vers leurs objets, quand les objets s'inclinent aux miroirs.

Une choſe très-curieuſe à remarquer, c'eſt que quand le miroir s'incline devant un objet, l'image fait une fois plus de chemin, que quand c'eſt l'objet qui s'incline devant le miroir. L'homme dont je viens de parler, par exemple, verroit ſon image parcourir un demi-cercle au lieu d'un quart, ſi ſe tenant debout au bord d'un miroir placé horizontalement, il le faiſoit relever entiérement devant lui. Suppoſez que cet homme ſoit dans la ligne *E G*, *Fig.* 10. & que le miroir ſoit *a b*, ſa tête paroîtra en *e*, & ſes pieds en *g* ; par conſéquent l'image & l'objet ſeront dans le diamétre vertical du demi-cercle *E b e*. Que le miroir s'éleve en faiſant ſeulement un angle de 45 degrés au pied de l'objet, comme dans la *Fig.* 11. alors on verra l'homme dans le rayon horizontal *a e* : & par conſéquent ſon image aura parcouru

un quart de cercle, par le mouvement angulaire du miroir qui n'aura été que de 45 degrés; c'eſt par cette raiſon que quand on tranſporte un miroir, le moindre mouvement qu'on lui fait faire, paroît beaucoup plus grand, à en juger par celui des images qu'on apperçoit derriére. Les reflets de lumiére qui ſe font par une piéce d'eau, font toujours des mouvements très-ſenſibles, quoique l'eau paroiſſe n'en avoir preſque point: & les téleſcopes de réflexion ſont plus difficiles que les autres à manier, pour ceux qui n'en n'ont point acquis l'habitude; parce que le moindre mouvement qu'on donne aux miroirs faiſant faire un grand chemin à l'image que l'on cherche, la rend plus difficile à ſaiſir, ou l'a fait perdre aiſément quand on la tient.

Les miroirs plans ont encore la propriété de conſerver aux images des figures parfaitement conformes à celles des objets; & toujours par la raiſon que la diſtance *a g*, *Fig.* 8. eſt égale à *a c*: car ſi vous appliquez cette régle à tous les points *E*, *F*, *G*, &c, des *Fig.* 10 & 11, vous verrez que

XVI. LEÇON.

e c étant égal à *c E*, *f d* à *d F*, *g h* à *h G*, &c. il eſt de toute néceſſité que *e*, *f*, *g*, ſe trouvent dans une ligne droite, comme *E*, *F*, *G*; & conſéquemment ſi la partie *F* de l'objet ſe trouvoit hors de la ligne *E a*, le point correſpondant *f*, ſeroit vu auſſi plus près ou plus loin que la ligne *a e*: en un mot la figure n'étant autre choſe que l'arrangement des parties, & les miroirs plans rendant des images dont les parties ſont arrangées comme celles de l'objet, on peut dire en toute ſûreté, qu'ils conſervent aux images des figures conformes à celles des objets; & que quand cela n'arrive pas, c'eſt que le miroir n'eſt point parfaitement droit en tout ſens.

L'image qu'on apperçoit dans un miroir peut ſervir d'objet elle-même, & ſe voir une ſeconde fois dans un autre miroir; & ſi celui-ci eſt placé de façon à la renvoyer ſur le premier, elle peut être apperçue un grand nombre de fois dans le même: c'eſt ce que l'on fait tous les jours dans un appartement où l'on ſuſpend un luſtre entre deux glaces, élevées

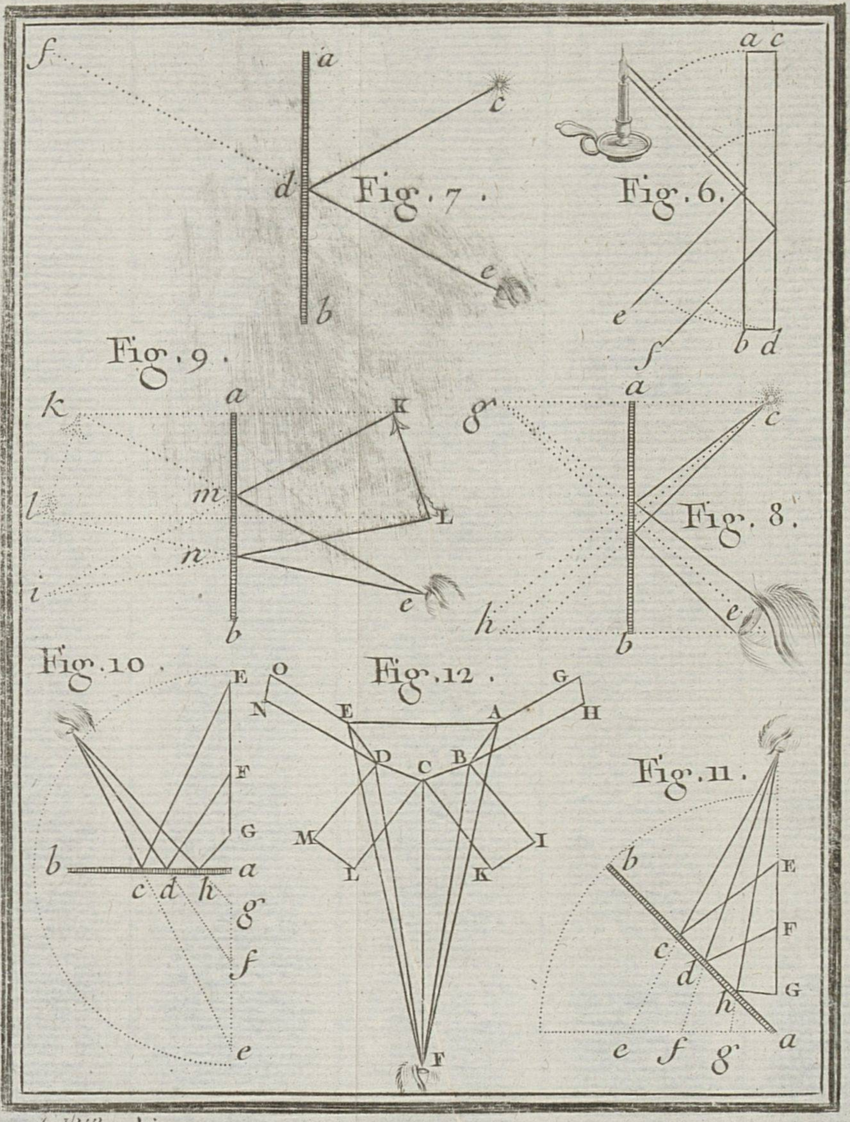
parallélement l'une vis-à-vis de l'autre ; mais comme l'image qui ſert d'objet, eſt plus éloignée du miroir que l'objet même, elle doit auſſi paroître plus loin derriére que la premiére image, & ainſi des autres ; voilà pourquoi dans l'exemple que je viens de citer, il paroît tant de luſtres les uns aprés les autres dans le même alignement. Les plus éloignées de ces images ſont auſſi les plus foibles, parce que dans chaque réflexion il y a toujours une partie des rayons qui s'éteignent ou qui ſe diſperſent ; ce qui fait que les dernieres ſont formées avec une moindre quantité de lumiere, & qu'elles ont l'air d'être plus effacées.

On fait par curioſité des miroirs à pluſieurs faces planes, priſmatiques & pyramidaux, dont la propriété eſt de raſſembler dans une ſeule image & ſans interruption pluſieurs objets ou pluſieurs parties d'un même deſſein, diſperſés & ſéparés par des eſpaces vuides, ou remplis par d'autres figures qui ne ſe repréſentent point dans le miroir. Ces effets ne ſeront pas difficiles à expliquer pour

XVI. LEÇON.

quiconque aura bien compris ce que j'ai dit précédemment touchant les miroirs droits. Suppoſons, par exemple, qu'il y ait quatre faces réfléchiſſantes élevées perpendiculairement autour d'une baſe, telle que *A B C D E*, *Fig.* 12. Il eſt évident que l'œil placé à une certaine diſtance, comme *F*, & élevé d'un pied ou environ au-deſſus du plan qui porte le miroir, appercevra par les rayons réfléchis *A F*, *B F*, *C F*, *D F*, & ſemblables, tout ce qui ſera deſſiné dans les eſpaces *A B G H*, *B C I K*, *&c.* & que tout ce qui ne s'y trouvera pas renfermé ne ſe verra point dans le miroir, ſi l'œil ne ſe porte ni à droite ni à gauche; ce qui donne la liberté de remplir d'objets étrangers au deſſein, les eſpaces *H B I*, *K C L*, *M D N*, & de déguiſer par ce moyen la figure dont le miroir doit repréſenter l'image, & dont les parties ſont ſéparées par ces triangles.

Il en eſt à-peu-près de même d'un miroir pyramidal, dont les faces ſont des plans triangulaires : autant il y a de côtés à la baſe, *Fig* 13.



Gobin. Sc.

autant on obſerve ſur le carton de triangles dans leſquels on renferme toutes les parties du deſſein, que le miroir doit raſſembler & faire voir à l'œil, qui ſe place pour cela dans l'axe prolongé de la pyramide, afin de pouvoir découvrir toutes les faces réfléchiſſantes. Ce qui ſe trouve deſſiné dans les plaques *A*, *B*, *C*, *D*, ſe voit dans les parties correſpondantes de la baſe *a*, *b*, *c*, *d*, & cette image ne comprend rien de tout ce qu'on peut avoir mis en *E*, *F*, *G*, *H*, pour interrompre le deſſein & empêcher qu'on n'apperçoive les rapports que ſes parties ont entr'elles.

Il eſt à propos d'obſerver que les rayons réfléchis *g G*, *h G*, *i G*, font voir les points *A B C*, *Fig.* 14. dans un ordre tout-à-fait oppoſé à celui qu'ils ont ſur le carton, comme on le peut voir par les parties correſpondantes de l'image *a*, *b*, *c*; & comme c'eſt la même choſe pour tous les triangles, on voit qu'il faut que toutes les parties de la figure qui ſont renfermées dans chacun d'eux ſoient placées à contre-ſens, afin que l'image apperçue dans le miroir repréſente ſon objet

XVI. LEÇON.

au naturel : c'eſt encore une raiſon pour laquelle on a tant de peine à deviner ce que portent ces cartons, quand on les regarde ſans l'aide du miroir.

Voilà les principaux effets des miroirs plans : paſſons à ceux des miroirs courbes, qui ſont convexes.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence ſont réflechis par un miroir convexe.

V. EXPERIENCE.

Prepration.

Dans cette expérience & dans les deux ſuivantes, on ſe ſert encore du grand cercle repréſenté par la *Fig* 2. Mais au lieu du miroir plan, on met en *C D* le miroir convexe, & l'on y fait tomber deux rayons convergents, de la même maniére que dans la IV Expérience.

Effets.

Les deux rayons réfléchis, au lieu de ne former qu'un point lumineux en ſe réuniſſant ſur le chaſſis *B*, y

marquent deux images diſtinctes ; ce qui montre bien clairement, que leur convergence n'eſt pas auſſi grande qu'elle étoit avant qu'ils euſſent touché le miroir.

CINQUIEME CAS.

Si des rayons qui tombent paralleles entr'eux ſont réfléchis par un miroir convexe.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Le miroir convexe reſtant en place, il faut opérer comme dans la II Expérience, après avoir ôté le verre qui couvre le diaphragme en *A*.

EFFETS.

Les deux rayons réfléchis deviendent divergents entr'eux, ce que l'on apperçoit tant par leur écartement qui augmente toujours depuis le miroir juſqu'au chaſſis *B*, que par la diſtance réciproque des images, qui eſt conſidérablement plus grande que celle des trous, par où paſſent les rayons en *A*.

XVI. Leçon.

SIXIEME CAS.

Si des rayons divergents ſont réfléchis par un miroir convexe.

VII. EXPERIENCE.

Preparation.

On fait diverger les rayons incidents de la même maniére, & par le même moyen que dans la III Expérience, en laiſſant toujours le miroir convexe en place.

Effets.

Après la réflexion, les deux cercles lumineux ſont plus diſtants l'un de l'autre ſur le chaſſis tranſparent, qu'ils ne le ſont, lorſque le miroir étant ôté, ils arrivent directement vers *E* ; ce qui montre qu'ils ſont plus divergents étant réfléchis, qu'ils ne le ſont dans leur incidence.

Explication.

Comme nous avons repréſenté le miroir plan par une ligne droite ; celui des trois derniéres Expériences peut être exprimé par une courbe,

dont la convexité ſe préſente aux rayons incidents : or une ligne courbe, comme je l'ai déja dit en pluſieurs endroits de cet ouvrage, eſt un aſſemblage de lignes droites infiniment courtes & inſenſiblement inclinées entr'elles. Pour en raiſonner d'une maniére plus commode & plus facile à comprendre, faiſons ces éléments d'une grandeur ſenſible, ainſi que leurs degrés d'inclinaiſon, & l'on verra bien-tôt pourquoi les rayons réfléchis par un miroir convexe, ne gardent plus entr'eux le même ordre, la même poſition qu'ils avoient dans le tems qu'ils venoient au miroir : car chacun d'eux faiſant ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence, & les parties du miroir qui ſe ſuivent immédiatement, étant plus inclinées pour un des rayons incidents que pour celui qui le devance ou qui le ſuit, il doit arriver le plus ſouvent, que les rayons réfléchis s'approchent ou s'écartent les uns des autres plus qu'auparavant ; & c'eſt le dernier de ces deux effets qui a lieu quand la lumiére tombe

XVI. Leçon.

ſur l'extérieur de la courbure, formée par les parties réfléchiſſantes : ainſi les rayons paralleles *a b*, *c d*, *Fig.* 15. en frappant les parties *d* & *b* du miroir, & faiſant les angles de réflexion *e b f*, & *h d i*, égaux à ceux dincidence *a b g*, & *c d k*, deviennent divergents & vont abouti aux points *e*, *h*.

On voit de même en jettant les yeux ſur les Fig. 16 & 17. que la même régle étant obſervée, les rayons qui auroient leur point de convergence en *m*, après la réflexion ne ſe réuniſſent plus qu'en *l* ; & que ceux dont la divergence ſeroit à peine ſenſible à la diſtance *m*, prennent un écartement beaucoup plus grand vers *l* qui déſigne un pareil degré d'éloignement.

Le miroir dont nous avons fait uſage dans les derniéres Expériences, n'a qu'une ſimple courbure, & cela ſuffit, quand on ne conſidere que les rayons de lumiére qui ſont dans un même plan : mais il eſt aiſé de voir que ce qui en réſulte peut s'appliquer à des miroirs d'une courbure uniforme dans tous les ſens,

tels que ſont, par exemple, les miroirs ſphériques convexes; car comme chaque faiſceau de rayons cylindrique ou pyramidal coupé ſuivant la longueur de ſon axe peut fournir une infinité de plans, tous les filets de lumiére qui ſe trouveront dans ces plans aboutiront toujours ſur le miroir, dans une ligne dont on pourra dire tout ce que nous avons remarqué par rapport aux points *d*, *b*, &c. des Figures 16 & 17.

XVI. Leçon.

On doit donc regarder comme des faits certains, 1°. Que tous les miroirs de cette eſpéce, petits ou grands, diminuent pour le moins la convergence des rayons qui tendent à ſe réunir.

2°. Qu'ils rendent divergents ceux qui ne ſont que paralleles.

3°. Qu'ils augmentent la divergence de ceux qui en avoient déja avant que d'être réfléchis; & ces effets immédiats en occaſionnent pluſieurs autres qui ont rapport ſoit à la production de la chaleur, ſoit à la viſion des objets; je vais en rapporter quelques-uns,

XVI. LEÇON.

APPLICATIONS.

L'on employeroit inutilement les miroirs convexes pour augmenter la chaleur qui vient des rayons ſolaires; car la lumiére de cet aſtre étant naturellement preſque parallele à elle-même, bien loin de devenir convergente, comme il faudroit qu'elle le fût pour acquérir plus de force, ne peut que diverger & ſe raréfier, lorſqu'elle eſt réfléchie par de telles ſurfaces.

Comme les planétes qui nous renvoyent les rayons du ſoleil, ſont ſphériques, ou à peu-près la lumiére qui nous en vient ne peut être que fort affoiblie, non-ſeulement parce qu'elle fait un plus long trajet en paſſant de ſa ſource à ces corps céleſtes, & de ces corps juſqu'à notre globe, mais encore parce qu'il n'y en a qu'une partie de réfléchie vers nous, & que ce qui nous en arrive eſt très-raréfié, par la divergence que lui donne la ſphéricité des ſurfaces réfléchiſſantes. M. Bouguer prétend, d'après des Expériences qu'il a faites avec ſoin, que la lumiére de la pleine Lune, à ſa moyen-

ne diſtance de la terre, eſt trois cens mille fois plus rare que celle du Soleil : c'eſt pour cela ſans doute qu'elle ne produit aucune chaleur ſenſible, lors même qu'on la raſſemble par le moyen des miroirs. Car quand on parviendroit à la condenſer autant qu'elle a été raréfiée par le corps ſphérique qui nous la renvoye, ce qui ſeroit difficile à exécuter, elle auroit toujours bien moins de force, que quand elle vient directement du ſoleil à nous, à cauſe du grand nombre de rayons qui s'abſorbent, qui ſe détournent ou qui s'éteignent, ſoit en touchant le corps qui doit les réfléchir, ſoit en traverſant l'atmoſphére terreſtre.

C'eſt un fait certain & connu de tous les Voyageurs, que ſur le ſommet des hautes montagnes, la chaleur du ſoleil ſe fait beaucoup moins ſentir que dans les gorges ou dans les plaines baſſes ; il y fait toujours froid. Parmi les cauſes qui contribuent à cet effet, on peut légitimement compter la divergence des rayons de lumiére conſidérablement augmentée par la figure arrondie du

XVI. LEÇON.

terrein : car, comme je l'ai déja remarqué ailleurs, * la chaleur qu'on éprouve à la ſurface de la terre, vient non-ſeulement des rayons directs du Soleil, mais auſſi des rayons réfléchis : ceux-ci, étant raréfiés ou diſperſés par la maniére dont ils rejailliſſent, l'effet total doit être moindre.

* Tom. 4. pag. 334.

Les miroirs convexes, comme ceux qui ſont plans, font toujours voir l'image derriére la ſurface réfléchiſſante & dans une ſituation conforme à celle de l'objet ; mais au lieu que dans ceux-ci, le point de réflexion ſe trouve à égales diſtances entre l'une & l'autre, dans ceux-là l'image eſt rapprochée à proportion de la convexité plus ou moins grande : cette différence vient de ce que la divergence naturelle des rayons qui partent de chaque point viſible de l'objet, ſe trouve augmentée après la réflexion, comme nous l'avons vu par la VII Expérience ; ce qui rapproche immanquablement de l'œil leur point de réunion, auquel nous rapportons la partie de l'objet dont ces rayons nous tracent l'image: voyez la *Fig.* 18. & comparez-la avec la 8e.

Un autre effet par lequel les miroirs convexes différent des miroirs droits, c'eſt qu'ils rendent l'image toujours plus petite que ſon objet, & cela d'autant plus que celui-ci s'éloigne davantage de la ſurface réfléchiſſante : on en appercevra la raiſon ſi l'on conſidere un peu les conſéquences que doit avoir la V Expérience, par laquelle nous avons fait voir, que des rayons convergents dans leur incidence, le ſont toujours moins après avoir été réfléchis par une ſurface convexe : car c'eſt pour cela que les deux rayons *Ce*, *Dd*, *Fig.* 19. ſe réuniſſent plus loin qu'ils n'auroient fait ſans la rencontre du miroir *a b*; & par cette nouvelle diſpoſition, ils font voir l'image ſous un angle plus petit que celui ſous lequel on eût vu l'objet en le regardant directement du point *f*.

Si le même objet s'éloigne davantage du miroir, les rayons incidents *c e*, *d d*, devenant par-là moins convergents, ſe réuniront après la réflexion encore plus loin que dans le premier cas; ce qui fera voir l'image ſous l'angle *e g d*, plus petit que *e i d*.

XVI. Leçon.

Il faut remarquer que quand un miroir convexe diminue la convergence des rayons qu'il réfléchit, c'eſt le moindre effet qu'il puiſſe produire ; car il peut arriver, ſoit par une plus grande convexité du miroir, ſoit par une moindre convergence des rayons qui tombent deſſus, que ceux-ci, aprés la réflexion, ſe trouvent paralleles ou même divergents, & tous ceux à qui cela arrive, ne peuvent plus ſe croiſer dans l'œil, ni par conſéquent concourir à y former l'image de ce que lon cherche à voir. Rendons ceci plus intelligible par une figure.

Soit *a b*, *Fig.* 20. un miroir convexe faiſant partie d'une ſphére dont le centre ſeroit en *c*. Si des deux extrêmités *d*, *e*, d'un objet, vous conduiſez des rayons divergents qui occupent les deux eſpaces *af*, *bf*, en faiſant les angles de réflexion égaux à ceux d'incidence, vous trouverez 1°. que les rayons *d h*, *e i*, qui tendent au centre de la ſphéricité, ſe réfléchiſſent ſur eux-mêmes ; puiſqu'étant comme des rayons prolongés de la ſphére dont le miroir fait partie, ils ne ſont,

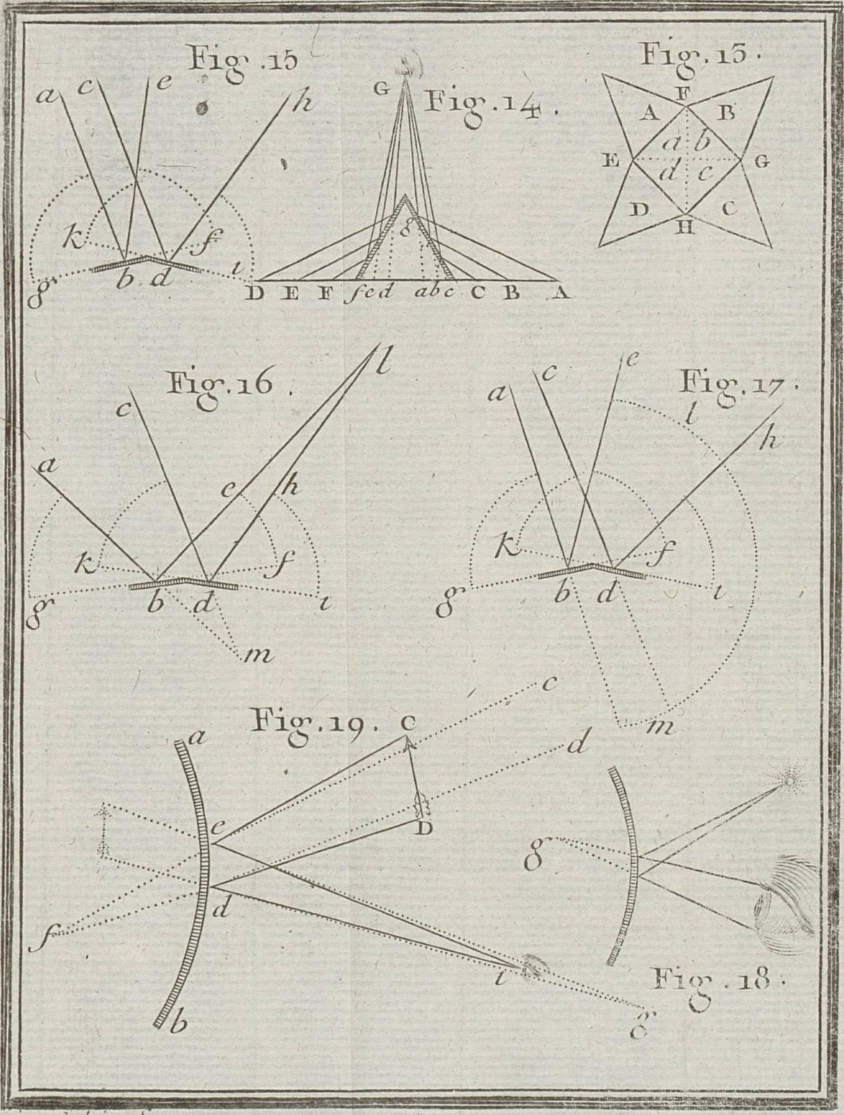


Fig. 15
a
c
e
h
k
f
g
b
d
i
Fig. 14.
G
g
D E F fed abc C B A
Fig. 13.
F
A
B
a b
E
G
d c
D
C
H
Fig. 16.
l
c
a
c
h
k
f
g
b
d
i
m
Fig. 17.
a
c
e
l
h
k
f
g
b
d
i
m
Fig. 19.
C
c
d
a
e
D
d
f
b
i
g
Fig. 18.
g

Gobin. Sc.

ni plus ni moins inclinés vers *a* ou vers *b*, que vers *f*. Ces rayons ſont donc fort divergents entr'eux, & fort éloignés de ſe joindre en quelque endroit que ce ſoit. 2°. Cet effet ſera encore plus remarquable dans les rayons réfléchis par les parties *a h* & *b i*, comme on peut s'en aſſurer par la ſeule inſpection de la figure. 3°. L'on reconnnoîtra que depuis *h* juſqu'en *k*, & dans la partie correſpondante depuis *i* juſqu'en *l*, les rayons réfléchis perdent peu-à-peu cette divergence, & qu'ils deviennent enfin paralleles : ce qui ne ſuffit point encore pour faire entrer dans l'œil des rayons venant des deux extrêmités oppoſées *d*, *e*, ou, ce qui eſt la même choſe, pour faire voir l'objet en entier. 4°. Mais à compter excluſivement des points *k* & *l*, où les rayons incidents tendent en *m*, qui eſt le quart du diamétre de la ſphéricité, la lumiére réfléchie converge ſur l'axe prolongé *f g* : par-tout où l'œil ſe trouvera placé dans cette ligne, il verra l'objer entier dans la partie *k l* du miroir, & il le verra ſous des angles de plus

XVI. LEÇON.

XVI. Leçon.

en plus petits, à meſure qu'il s'éloignera davantage du miroir, en ſe plaçant ſucceſſivement en *n* en *g*, &c.

Un objet d'une certaine grandeur, & dont les dimenſions ſont droites, ſe repréſente dans un miroir convexe, ſous une figure différente de celle qu'il a ; parce que n'ayant point toutes ſes parties à égales diſtances de la ſurſace réfléchiſſante, & chacune d'elles ſe repréſentant derriére le miroir dans un degré d'éloignement proportionnel à celui qu'elle a par ſa poſition devant le miroir, il eſt de toute néceſſité que l'image du point *o* paroiſſe plus près que celle des points *d*, *e*, & que cette ligne qui eſt droite ait l'apparence d'une courbe : un miroir convexe ne peut rendre les images conformes aux objets, que quand ceux-ci ſe préſentent avec des ſurfaces paralleles à ſa courbure.

Si les miroirs dont nous parlons, ſont infidéles par rapport aux figures des objets qu'ils nous repréſentent, on peut leur reprocher encore de rendre avec peu d'exactitude les mouvements qui ſe paſſent devant eux, & l'un eſt une ſuite néceſſaire de

l'autre ;

l'autre ; car un corps qui ſe meut devant un miroir ne fait que ſe préſenter ſucceſſivement dans différents lieux : ſi en paſſant de l'un à l'autre, il parcourt des lignes ou des ſurfaces qui ne ſoient point paralleles à la courbure du miroir, comme cela arrive le plus ſouvent, ce corps, par les raiſons que je viens d'alléguer, aura dans le miroir des apparences ſucceſſives, dont la ſuite ne répondra pas exactement à celle des poſitions qu'il aura priſes réellement.

On voit par expérience la vérité de tout ce que je viens de remarquer au ſujet des miroirs convexes, en arrêtant la vue ſur un bouton d'or ou d'argent bien bruni, ſur une boîte de montre, &c. on y voit ſon viſage, comme dans une miniature : on l'y voit dans ſa ſituation naturelle, & fort près derriére la ſurface réfléchiſſante; mais rarement le voit-on deſſiné correctement, & les mouvements de cette image ne répondent pas non plus bien exactement à ceux qu'on lui donne à imiter : cela vient, ſans doute, des irrégularités de ces petits miroirs deſtinés à briller, plutôt qu'à

XVI. LEÇON.

repréſenter des images ; mais quand ils ſeroient taillés pour ce dernier effet, ils auroient toujours dans les cas ordinaires les imperfections que j'ai remarquées ci-deſſus.

Cependant, quand l'objet eſt loin du miroir, que le miroir a beaucoup de largeur & peu de convexité, les images ne ſe défigurent pas ſenſiblement; le deſſinateur, ou le peintre qui veut s'en aider, pour réduire un tableau du grand au petit, ne laiſſe pas que d'en tirer un parti aſſez avantageux.

On voit dans les cabinets des curieux certaines glaces qui ſont bien droites, à l'extérieur, & qui font très-ſenſiblement l'effet des miroirs convexes. Aſſez ſouvent le même morceau préſente pluſieurs de ces petits miroirs qui paroiſſent bombés, & qui font en cela une illuſion dont on ne ſe déſabuſe que par le tact: en effet, la ſurface antérieure de la glace eſt plane dans toute ſon étendue; mais l'autre eſt creuſée en portions de ſphére concave, & enduite de vif-argent & d'étain. Cet enduit métallique ſur lequel ſe fait la plus grande

réflexion de la lumiére, en s'appliquant dans les creux, forme des miroirs convexes du côté des objets & du ſpectateur, & en produit tous les effets. Voyons maintenant ceux des miroirs concaves.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles ſont réfléchis par un miroir concave.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette Expérience doit ſe préparer comme la ſeconde ; excepté qu'au lieu du miroir plan, on met en *CD* celui qui eſt concave, *Fig.* 2.

EFFETS.

Les deux rayons, après avoir touché le miroir, deviennent convergents entr'eux, & ne font plus qu'une très-petite image lumineuſe, ſur le papier du chaſſis *B.*

XVI. LEÇON.

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents entr'eux ſont réfléchis par un miroir concave.

IX. EXPERIENCE.

Preparation.

Laiſſez l'appareil tel qu'il étoit dans la derniére Expérience, & ajoutez ſur le diaphragme en *A*, le verre lenticulaire de la IVe.

Effets.

Les deux rayons incidents dont le point de convergence eſt en *E*, (ce qu'on peut aiſément reconnoître, en ôtant le miroir pour les laiſſer paſſer) ſe réuniſſent après la réflexion, & ſe croiſent dans l'eſpace qui eſt entre le miroir & le chaſſis *B*; c'eſt-à-dire, que leur convergence eſt augmentée conſidérablement.

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence ſont réfléchis par un miroir concave.

X. EXPERIENCE.

Preparation.

Répétez tout ce qui a été fait dans

la ſeconde Expérience, en employant toujours le miroir concave, au lieu du miroir droit.

XVI. LEÇON.

Effets.

Les deux rayons réfléchis marquent ſur le chaſſis *B*, deux images bien plus rapprochées l'une de l'autre, qu'elles ne l'étoient ſur le même chaſſis abaiſſé en E, lorſqu'en ôtant le miroir, on y laiſſoit aller les deux rayons incidents : ce qui montre que la réflexion cauſée par le miroir a beaucoup diminué la divergence qu'avoient les rayons avant que d'y arriver.

De ces derniéres Expériences il réſulte trois vérités fondamentales. 1°. Que par la réflexion qui ſe fait de la lumiére ſur les miroirs concaves, les rayons convergents dans leur incidence le deviennent davantage.

2°. Que les rayons paralleles ſont rendus convergents.

3°. Que ceux qui tombent divergents le deviennent moins, & qu'ils peuvent devenir paralleles, ou convergents.

Explication.

Après ce que j'ai dit * pour expli-

* Page 199.

XVI. LEÇON.

quer les effets des miroirs convexes ; nous devons regarder les éléments des concaves comme de petites faces planes, inclinées les unes vers les autres, de même que les lignes *ac*, *bc*, *Fig.* 21. Les rayons qui tombent deſſus, faiſant ſur chacune d'elles des angles de réflexion égaux à ceux de leur incidence, doivent de toute néceſſité ſe rapprocher l'un de l'autre : voilà pourquoi, dans la VIII Expérience, les rayons réfléchis ſont devenus convergents de paralleles qu'ils étoient. Le parallélisme eſt comme le point de partage entre la convergence & la divergence, pour peu que les rayons ſortent de cette eſpéce d'équilibre, en s'inclinant les uns vers les autres, il faut néceſſairement qu'ils commencent à converger vers un point de réunion.

L'effet eſſentiel & immanquable du miroir concave étant donc de rapprocher les uns des autres les rayons de lumiére qu'il réfléchit, on voit tout d'un coup, & ſans autre explication, pourquoi les rayons de la IX Expérience ſont devenus plus convergents qu'ils n'étoient, & comment ceux de

la Xe ont perdu une partie de leur divergence. XVI. LEÇON.

Mais puiſque ces effets dépendent principalement de l'inclinaiſon reſpective des parties du miroir, plus ſa courbure ſera grande, plus on doit s'attendre qu'il condenſera la lumiére, ou qu'il la raſſemblera dans un plus petit eſpace ; & comme la réflexion a toujours un rapport conſtant avec l'incidence, il eſt certain que les rayons réfléchis par un miroir concave d'une courbure déterminée, ſe raſſemblent d'autant plus, qu'ils en étoient moins éloignés, ou qu'ils y étoient plus diſpoſés en arrivant à la ſurface réfléchiſſante : ainſi toutes choſes égales d'ailleurs, les rayons qui convergent le plus avant que de toucher le miroir, ſont ceux qui ſe réuniſſent le plus près de lui après l'avoir touché ; & ceux qui divergent le moins dans leur incidence, ſont les plus propres à devenir paralleles ou convergents, par la réflexion.

Quand un miroir concave rend les rayons convergents, l'endroit où ils ſe raſſemblent s'appelle *foyer* ; & ſuivant ma derniére remarque, ce foyer

n'eſt pas le même pour toutes ſortes de rayons incidents.

XVI. LEÇON.

Si les rayons tombent paralleles, comme *a b*, *d e*, *Fig.* 22. ſur un miroir ſphérique concave, en obſervant que les angles de réflexion ſoient égaux à ceux d'incidence, on trouve qu'ils ſe raſſemblent dans un petit eſpace (*a*) en *F*; c'eſt-à-dire à une diſtance du miroir, qui eſt le quart du diamétre de ſa ſphéricité.

Des rayons qui tomberoient convergents, comme *f g*, *h i*, ſur le même miroir, auroient leur foyer plus près, en *K*, par exemple; & tels qui ſeroient divergents, comme *l m*, *n o*, avant d'être réfléchis, auroient leur point de convergence en *P*; c'eſt-à-dire, plus loin du miroir, que le foyer des rayons paralleles.

APPLICATIONS.

La Phyſique conſidere dans l'uſage des miroirs concaves deux ſortes d'effets,

(*a*) Je dis dans un petit eſpace, & non dans un point, parce que la courbure ſphérique n'eſt pas celle qu'il faudroit, pour faire coincider exactement tous les rayons réfléchis; cela n'arrive qu'à ceux qui ſont le plus près de l'axe du miroir.

d'effets. Les uns conſiſtent à raſſembler dans un petit eſpace des rayons de feu ou de lumiére, au point d'échauffer conſidérablement, de brûler, de fondre, de calciner les corps les plus compacts & les plus durs : les autres concernent les apparences des objets que ces miroirs nous repréſentent. J'ai déja parlé des premiers, & je crois avoir dit ſur cela ce qu'il y a de plus eſſentiel à ſavoir, en traitant des différentes maniéres d'exciter le feu, dans la XIIIe Leçon : j'ajouterai ſeulement ici un fait qui eſt très-curieux & très-propre à confirmer ce que j'ai prouvé dans les derniéres Expériences.

XVI. Leçon.

Si l'on éleve verticalement & parallélement entr'eux, deux miroirs ſphériques concaves de 15 à 18 pouces de diamétre, & d'une telle courbure, que le point de réunion des rayons qui tombent paralléles, ſoit à 12 ou 15 pouces de ſa ſurface réfléchiſſante, un charbon bien ardent, placé au foyer de l'un de ces miroirs, allume de l'amadou ou de la poudre à canon au foyer de l'autre, y eût-il 25 ou 30 pieds de diſtance entre les deux.

XVI. LEÇON.

Cette belle Expérience n'exige pas des miroirs bien parfaits : M. Varinge qui tenoit cette Expérience des Jéſuites de Prague, & de qui nous l'avons reçue, n'employoit pour cela que des miroirs de bois dorés (*a*). Je la répéte depuis 30 ans avec des cartons argentés & brunis de 18 pouces de diamétre, & dont la ſurface concave fait partie d'une ſphére creuſe de 2 pieds de rayon. Je me ſuis apperçu cependant qu'un enduit de feuilles d'or eſt préférable à celui d'argent, non-ſeulement parce qu'il ſe conſerve mieux, mais auſſi parce qu'il réfléchit plus puiſſamment les rayons de feu.

Mais ce qu'il y a d'eſſentiel à ob-

(*a*) Le Pere Zahn dans ſon *Oculus artificialis*, *p.* 753. dit qu'un homme digne de foi lui avoit dit avoir vu à Vienne deux miroirs ſphériques concaves qui faiſoient cet effet étant placés a 20 pieds de diſtance l'un de l'autre. Le P. Cavalier dans ſon traité *delle ſettione coniche*, *cap.* 27. dit qu'il a mis des charbons ardents au foyer d'un miroir ſphérique de plomb, & que les rayons s'étant réfléchis parallélement, il les avoit réunis enſuite avec un miroir concave formé en cône parabolique tronqué, de façon que le foyer ſe trouvoit derriére le miroir dans la partie tronquée, & que par ce moyen il avoit mis le feu à des matiéres combuſtibles.

ſerver pour le ſuccès de l'Expérience, c'eſt qu'il faut exciter par un ſouffle égal, le charbon du côté qui regarde le miroir dont il occupe le foyer; & pour cela M. Dufay ſe ſervoit très-ingénieuſement de la vapeur dilatée d'un éolipyle dont le col étoit un peu plus long que d'ordinaire, afin que le corps du vaiſſeau & le réchaud ſur lequel il étoit poſé, étant plus bas que le bord inférieur du miroir, n'empêchaſſent point les rayons de feu de parvenir à cette partie de la ſurface réfléchiſſante. Au lieu de cela je me ſers aſſez commodément d'un ſoufflet à double ame, dont je fais entrer le bout dans un tuyau de fer-blanc qui eſt fixé dans un trou pratiqué au centre de mon miroir, & qui va aboutir à deux pouces du charbon. Je dois dire encore qu'il eſt plus aiſé de réuſſir dans l'obſcurité qu'en plein jour; & qu'il eſt bon qu'il y ait une perſonne à chaque miroir, l'une pour exciter le feu bien également & ſans interruption, l'autre pour tenir le corps combuſtible dans le vrai foyer au moment où il paroît le plus ardent.

Après ce que j'ai dit dans la der-

XVI. LEÇON.

niére explication touchant la maniére dont ſe forment les foyers des miroirs concaves, l'explication du fait que je viens de rapporter ſe préſente d'elle-même ; car puiſque les rayons paralléles *a b*, *d e*, *Fig.* 22. deviennent convergents en *F*, en vertu des angles de réflexion égaux à ceux d'incidence, réciproquement & par la même raiſon, tous les rayons qui comme *F b*, *F e*, viennent au miroir d'un point radieux placé en *F*, doivent ſe réfléchir parallélement entr'eux ; & c'eſt ce qui arrive à ceux du charbon ardent.

Enſuite, quand ce faiſceau de rayons paralléles vient à rencontrer un ſemblable miroir, il eſt réfléchi une ſeconde fois ; & tous les filets qui le compoſent devenus convergents, ſe raſſemblent dans le petit eſpace où eſt placé l'amadou & y font naître une chaleur capable de l'allumer.

En ſuppoſant que le charbon ſoit placé bien exactement au foyer du premier miroir, & que par-là les rayons réfléchis ſoient bien paralleles, cette Expérience pourroit réuſſir à des diſtances beaucoup plus

grandes que celles de 25 ou 30 pieds; puiſque le ſecond miroir, à quelque éloignement qu'on le mît, recevroit toujours la même quantité de rayons qui ſeroient renvoyés par le premier; mais la maſſe d'air qui ſe trouve interpoſée, y cauſe néceſſairement un déchet, & par cette raiſon les miroirs ne peuvent être écartés l'un de l'autre que d'une certaine quantité, qui doit varier ſelon la beauté & la grandeur des miroirs, la quantité & l'activité du feu qu'on employe, l'état actuel de l'atmoſphére, &c. M. Dufay avec des miroirs de plâtre dorés de 20 pouces de diametre, enflammoit de l'amadou à 50 pieds de diſtance.

XVI. LEÇON.

Les miroirs plans, & ceux qui ſont convexes, nous font toujours voir l'image de l'objet derriére la ſurface réfléchiſſante; c'eſt-à-dire, qu'ils ſe trouvent entre cette image & l'œil du ſpectateur: il n'en eſt pas de même des miroirs concaves; ils ne produiſent cet effet que dans certains cas, lorſque l'objet eſt placé devant eux, à une diſtance qui n'égale point le quart du diamétre de leur ſphéricité; c'eſt-à-dire, plus près que le point

XVI. LEÇON.

F, *Fig*. 23. Dans les autres cas l'image ſort, pour ainſi dire, du miroir, & s'avance plus ou moins, ſuivant l'éloignement de l'objet à la ſurface réfléchiſſante.

Pour bien entendre ceci, & ce qui ſuivra, il eſt à propos de ſe rappeller deux principes qui ont été établis dans l'article précédent : ſavoir, 1°. que chaque point éclairé d'un objet nous devient viſible par un faiſceau de rayons divergents, par une pyramide de lumiére, dont la baſe eſt égale à l'ouverture de la prunelle de l'œil ; de ſorte que ſi les filets ou rayons qui forment cette pyramide, par quelque cauſe que ce puiſſe être, au lieu de divergents qu'ils ſont naturellement, ſe préſentent ou paralleles, ou convergents, nous ceſſons de voir diſtinctement le point éclairé d'où ils procédent (*a*). J'en dirai les raiſons, lorſque j'expliquerai les parties de l'œil & leurs fonctions : 2°. que nous ne ſaurions voir un objet entier, à moins que des extrêmités op-

(*a*) Ceci doit s'entendre des vues ordinaires ; & non pas de celles des presbytes dont il ſera parlé dans la ſuite.

poſées de ſes dimenſions il ne ſe faſſe vers l'œil un concours de ces faiſceaux ou pyramides dont je viens de parler. Quand il arrive, par quelque moyen que ce ſoit, que ces rayons perdent cette tendance commune qu'ils ont vers l'œil, juſqu'au point de devenir ſeulement paralleles entr'eux, la viſion alors ne peut plus ſe faire que très-imparfaitement.

Cela poſé, ſi l'on conſidére maintenant que le foyer des rayons paralleles eſt en *F*, & qu'il faut par conſéquent que le point radieux *A* ſe trouve plus près du miroir, pour que les rayons réfléchis vers l'œil conſervent ce degré de divergence dont je viens de rappeller la néceſſité, on ſentira tout-d'un-coup, comment il tient à cette derniére condition que nous n'appercevions l'image derriére le miroir, puiſque c'eſt par elle que les rayons réfléchis ont derriére la ſurface réfléchiſſante un point de réunion *a*, où nous rapportons le point radieux ou viſible de l'objet.

Et comme par les grandeurs reſpectives du miroir & de l'objet, il arrive que l'œil placé en certains en-

XVI. LEÇON.

droits ne peut plus recevoir en même tems des rayons de tous les points éclairés, cela fait quelquefois que l'objet ne nous eſt pas repréſenté en entier.

Lorſque le point radieux eſt entre le quart & la moitié du diamétre de la ſphéricité du miroir, entre *F* & *C*, les rayons réfléchis *b E*, *d E*, deviennent convergents & ſe croiſent plus loin que le point *C*, en *E*, par exemple, ou plus loin, en s'écartant du miroir, ſi le point radieux s'approche davantage du point *F*, comme je l'ai obſervé dans l'explication des derniéres Expériences. Or l'image ſe peint par-tout où ces rayons ſe réuniſſent, & cela ſe peut prouver par le fait; il n'y a qu'à la recevoir ſur un carton blanc expoſé à cette diſtance.

Mais ſi l'on veut recevoir cette image immédiatement dans l'œil, ce n'eſt point en *E* qu'il le faut placer, c'eſt au-de-là, à telle diſtance où les rayons croiſés ayent repris le degré de divergence néceſſaire; c'eſt pour cela qu'une perſonne qui eſſaye de voir l'image de ſa main entre elle & le miroir concave, ne l'apperçoit

bien diſtinctemeht, qu'en écartant beaucoup ſa tête de l'endroit où ſe fait la repréſentation, dans le cas où l'objet & ſon image ſe touchent. En pareilles circonſtances, l'Expérience réuſſit mieux avec une épée nue qu'on porte en avant; & c'eſt encore par la même raiſon.

Toutes les fois que nous voyons ainſi l'image en deça du miroir, elle eſt renverſée; parce que les faiſceaux de rayons qui partent des parties oppoſées de l'objet, ne peuvent plus converger à l'œil, qu'après s'être croiſés entre l'objet & le miroir: c'eſt-à-dire, que d'un nombre infini de pareilles pyramides de lumiére qui procédent, par exemple, des points *A* & *B*, *Fig.* 24. & dont les unes ſe croiſent, à différentes diſtances, & d'autres ne ſe croiſent point, l'œil, dans le cas dont il s'agit, ne peut plus recevoir en même-tems que de celles qui ont ſouffert cette croiſure: or la pyramide incidente *A E*, portant après la réflexion l'image du point *A* en *a*, où ſe réuniſſent ſes propres rayons, & la pyramide *B G*, par une conſéquence néceſſaire, pei-

XVI. Leçon.

gnant *B* en *b*, l'image ſe trouve à contre-ſens de l'objet, & l'œil placé au-de-là, en la recevant, la voit dans cette ſituation.

Soit que l'œil reçoive cette image par les rayons directs *a H*, *b H*, ſoit que placé du côté du miroir, il l'apperçoive par réflexion ſur un carton blanc, dans ce dernier cas comme dans le premier, elle eſt toujours renverſée, parce que les rayons réfléchis du carton à l'œil ne ſe croiſent point en chemin.

Nous avons remarqué précédemment, que le miroir convexe fait voir l'image plus petite, & plus près qu'elle ne paroît par un miroir plan : le miroir concave différe auſſi de ce dernier, mais par des effets tout opposés ; car lorſque l'image eſt vue derriére la ſurface réfléchiſſante, elle en paroît plus éloignée que l'objet ne l'eſt par devant, & nous la voyons toujours amplifiée. La premiére de ces deux apparences, vient de ce que les rayons qui partent de chaque point de l'objet, perdent une partie de leur divergence par la réflexion du miroir, comme on le peut

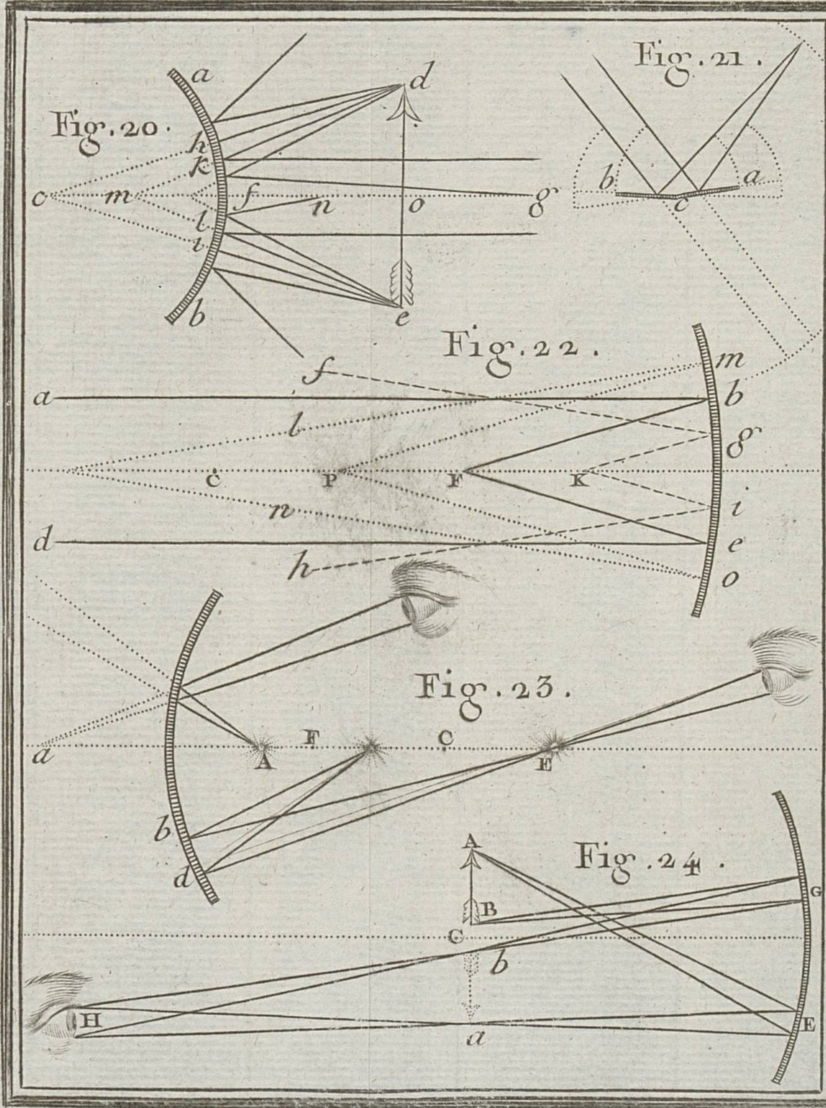


Fig. 20.
a
b
c
d
e
f
g
h
k
l
i
m
n
o
Fig. 21.
a
b
c
Fig. 22.
a
b
c
d
e
f
g
h
i
l
m
n
o
P
F
K
Fig. 23.
a
b
d
A
F
C
E
Fig. 24.
A
B
C
G
E
H
a
b

Godin. Sc.

voir en comparant l'écartement que les rayons auroient à la diſtance *d*, *Fig.* 25, s'ils n'avoient pas rencontré le miroir, avec celui qu'ils ont dans l'œil après la réflexion : ce qui fait que leur point de réunion *a*, où eſt l'image du point *A*, ſe trouve derriére la ſurface réfléchiſſante, bien plus éloigné que l'objet ne l'eſt par-devant, & il en eſt de même de tous les autres points à proportion ; ce qui rend la ſituation de l'image conforme à celle du corps qu'elle répréſente.

Quant à la grandeur de l'image elle eſt augmentée, parce que, comme je l'ai obſervé plus haut, & prouvé par la IX Expérience, des rayons qui ſont un peu convergents dans leur incidence, le deviennent davantage étant réfléchis par un miroir concave ; ainſi les axes des deux pyramides *A e*, *B f*, leſquels par leur convergence naturelle tendent à ſe réunir en *d*, & feroient voir directement l'objet ſous l'angle *A d B*, repréſentent ſon image ſous l'angle *a D b*, qui eſt beaucoup plus grand, à cauſe de leur réflexion par le miroir conca-

ve, laquelle rapproche de beaucoup leur point de convergence.

Un miroir concave qui a peu de courbure, rend aſſez fidélement la figure d'un petit objet; mais il n'en eſt pas de même s'il eſt bien creux relativement à ſon diamétre, ou que l'objet ſoit grand. Car, pour l'ordinaire, les dimenſions de celui-ci n'étant point paralleles à la ſurface réfléchiſſante, & les points viſibles ſe repréſentant à des diſtances proportionnnés au degré d'éloignement qu'ils ont devant le miroir, il eſt de toute néceſſité, que l'image qui réſulte de toutes ces repréſentations particuliéres, faſſe voir dans des lignes courbes, ce qui ſe préſente au miroir dans des lignes droites, ou, ce qui eſt la même choſe, que la figure apparente ne ſoit pas conforme à la figure réelle de l'objet.

On fait des miroirs concaves de verre comme on en fait de convexes, en prenant un morceau de glace un peu épais, dont on laiſſe une des faces droites, & qu'on travaille de l'autre côté pour la rendre convexe; on étame enſuite cette derniére ſurface,

en y appliquant une feuille d'étain avivée de mercure, comme on fait aux glaces ordinaires. Cet enduit prenant une forme concave du côté du verre qui le reçoit, a toutes les propriétés des miroirs dont je viens de parler en dernier lieu ; à cela près, que l'épaiſſeur du verre étant fort grande au milieu & bien moindre dans les autres endroits, cauſe du déchet à la lumiére & quelques irrégularités dans ſes mouvements.

On en fait de plus réguliers & de plus grands avec des morceaux de glaces arrondis circulairement, auxquels on fait prendre une forme convenable, en les mettant à plat ſur un moule ſphériquement concave, dans un four fait exprès, & que l'on chauffe juſqu'à ce que la glace amollie ſe ſoit exactement appliquée au creux préparé deſſous pour la recevoir. Cet art a commencé en Angleterre : on me fit voir à Londres il y a trente ans, des glaces courbées de cette maniére, qui avoient deux pieds de diamétre ; peu de temps après, on m'en fit de pareilles à notre Manufacture

XVI. LEÇON.

de ſaint Gobin (*a*) : on en courbe à préſent de plus grandes, tant en Angleterre qu'en France. M. de Buffon en montra une il y a quelque tems à l'Académie des Sciences, dont le diamétre étoit de trois pieds, & qui avoit été préparée au Jardin Royal.

Ce qu'il y a de plus difficile dans la conſtruction de ces miroirs concaves que l'on fait avec des glaces, ſur-tout lorſqu'ils ſont grands & d'une courbure un peu forte, c'eſt de mettre au tain la ſurface convexe, de maniére qu'il n'y ait point de taches, ni de fautes conſidérablés : ce n'eſt point ici le lieu d'entrer ſur cela dans une explication détaillée : je dirai ſeulement en gros, comment s'y prennent les ouvriers Anglois, qui ont bien voulu m'en faire confidence; car c'en étoit une alors.

On prend un grand morceau de treillis fort ou doublé autant qu'il

(*a*) Ces glaces furent courbées alors par M. de Bernieres, Contrôleur de la Manufacture : depuis ce tems-là, M. de Romilly, qui a été Directeur de la même Manufacture, en a courbé de plus grandes.

en eſt beſoin ; on l'arrondit & l'on en forme un grand cercle, qui doit avoir environ deux fois autant de diamétre que la glace qu'on veut étamer ; on fait tout autour un fort ourlet, & l'on y attache de deux pouces en deux pouces des cordons, par le moyen deſquels on le tend médiocrement dans un chaſſis circulaire ou ſeulement octogone, placé horizontalement & ſoutenu à la hauteur ordinaire d'une table ; on étend ſur ce treillis la feuille d'étain que l'on avive de mercure ſuivant la pratique uſitée, & l'on poſe deſſus le côté convexe de la glace, laquelle faiſant plier par ſon propre poids, ou par celui qu'on y ajoute, la toile & l'enduit dont elle eſt couverte, s'y applique exactement, & de maniére que l'air & ce qu'il y a de mercure de trop remonte de ſoi-même vers les bords à meſure que la glace s'enfonce (*a*).

(*a*) Depuis pluſieurs années M. de Bernieres cité ci-deſſus, met au tain toutes ſortes de miroirs & de glaces, ſans diſtinction de grandeur ni de figure, par le moyen d'un amalgame dont il s'eſt réſervé le ſecret, en le dépoſant néanmoins au Greffe de l'Académie Royale

XVI. LEÇON.

Ces miroirs ont ſur ceux de métal deux avantages conſidérables : ils réfléchiſſent plus de rayons de lumiére & ſont par-là capables de plus grands effets, tant pour former des foyers brûlans, que pour rendre vivement les images des objets : en ſecond lieu, ils conſervent mieux leur poli & le brillant de leur ſurface, ce qui n'oblige point à des réparations qui peuvent à la longue altérer la figure du miroir & la rendre irréguliére. Cette derniére conſidération avoit déterminé Newton à conſtruire avec du verre les miroirs de ſon téleſcope de réflexion ; mais quelque peine qu'il prît, pour en trouver & pour en faire goûter les moyens, les ouvriers ont trouvé tant de difficultés dans l'exécution, qu'ils y ont renoncé : toute leur application aujourd'hui eſt d'employer un métal aſſez ſerré pour recevoir un beau poli, & tellement compoſé, que ſa ſurface bien travaillée, ne ſe terniſſe qu'au bout d'un tems fort long.

des Sciences, afin que cette belle découverte ne courre point le riſque d'être perdue, s'il mouroit avant que de la révéler au public.

Les

Les grands mirois de métal ont auſſi ſur ceux de verre quelques raiſons de préférence; ils ſont moins caſuels, & comme les deux ſurfaces peuvent ſe polir également, la même piéce fournit deux miroirs, l'un concave, l'autre convexe de la même grandeur.

XVI. LEÇON.

Quand il ne s'agit que de raſſembler les rayons ſolaires dans un petit eſpace, pour y faire naître un degré de chaleur très-conſiderable, on peut former des miroirs concaves avec pluſieurs petits miroirs plans ajuſtés dans un chaſſis & inclinés entr'eux d'une maniére convenable, comme je l'ai fait connoître dans la XIIIe Leçon: mais pour les effets d'optique dont nous avons fait mention en dernier lieu, il faut abſolument une concavité égale & uniforme, que les parties qui la compoſent ſoient des facettes ſi petites, que l'œil ne puiſſe diſtinguer l'étendue de chacune d'elles, & que de l'une à l'autre l'inclinaiſon ſoit abſolument inſenſible. Sans ces conditions, au lieu d'une ſeule image, il s'en forme autant qu'il y a de petits miroirs plans; ou

XVI. LEÇON.

ſi chacun d'eux n'eſt point aſſez grand pour repréſenter l'image en entier, il ſe fait autant d'images tronquées, qu'il y a de piéces au miroir.

En regardant le creux d'une cuiller neuve, l'intérieur d'une boîte de montre ou de quelque vaiſſeau de métal, dont la ſurface ſoit propre à réfléchir beaucoup de lumiére, ſi l'on apperçoit ſon viſage renverſé ou quelqu'autre des effets qui ont rapport à nos trois derniéres Expériences, c'eſt que toutes ces ſurfaces réfléchiſſantes ſont autant de miroirs concaves, irréguliers pour la plupart, mais qui ne laiſſent pas que de faire en gros, ce qu'une courbure plus conforme aux régles, produiroit avec exactitude.

REMRQUES

Sur les miroirs mixtes.

J'appelle *miroir mixte*, celui qui eſt droit dans un ſens & courbe dans l'autre, ſoit que la courbure ſe préſente par la convexité ou par la concavité : tels ſont les miroirs coniques & ceux qui ſont des parties de cylindres coupés parallélement à l'axe.

Ce ſont des inſtruments de pure curioſité, par le moyen deſquels on forme des images qui rappellent à l'eſprit un objet qu'on eſt ſurpris de ne pas trouver devant le miroir, ou par leſquels on rend méconnoiſſable dans ſa repréſentation, un objet connu qui s'y trouve expoſé. Tout le monde connoît ces cartons peints, ſur leſquels on voit des figures qu'on a peine à deviner, & qui ſe reconnoiſſent, tout-d'un-coup & avec ſurpriſe quand on y applique le miroir qui leur convient; on ſait auſſi, qu'en regardant ſon viſage dans ces ſortes de miroirs, on apperçoit ſes traits dans un déſordre fort étrange.

Pour ſe rendre raiſon de ces effets & de quelques autres que nous remarquerons encore, il faut conſidérer, que ces miroirs étant droits dans une de leurs dimenſions, dans leur hauteur, par exemple, tout ce qui s'y paſſe de bas en haut, doit être tout-à-fait conforme à ce que nous avons enſeigné, touchant les miroirs plans, que nous avons toujours repréſentés par des lignes droites. Enſuite, on doit faire attention,

XVI. LEÇON.

que toutes ces lignes droites qu'on peut concevoir de bas en haut, n'étant pas rangées dans un même plan, mais formant une ſurface courbe dans ſa largeur, tout ce qui ſe paſſe à l'égard de cette derniere dimenſion, doit s'expliquer comme les effets des miroirs concaves ou convexes, que nous avons repréſentés par des lignes circulaires.

Suppoſons donc premiérement, que *FG*, *Fig.* 26. ſoit le miroir cylindrique conſidéré ſuivant ſa hauteur ſeulement, & que *AE*, ſoit un objet diviſé en pluſieurs parties ſelon ſa longueur : puiſque *FG*, eſt une miroir droit, ou qu'on doit le regarder comme tel, les points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, de l'image, doivent être à pareilles diſtances les unes des autres, comme *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, le ſont dans l'objet, pour les raiſons que j'ai alléguées page 183, & que j'ai fait entendre par les *Fig.* 7, 8, & 9; c'eſt-à-dire, que ce que l'on voit dans un miroir cylindrique convexe ne change point de figure dans ſa hauteur, ou pour parler plus exactement, dans celle de ſes dimenſions, qui ſe pré-

ſente perpendiculairement à la ſurface du miroir conſidérée de bas en haut.

Secondement, ſi l'on conſidere ce qui ſe paſſe dans la largeur *q t y* du miroir, *Fig.* 27, on doit penſer que les rayons incidents *A q*, *L r*, *M s*, *N t*, *&c.* étant réfléchis vers *Z* où eſt l'œil, font voir les parties du deſſein *A*, *L*, *M*, *N*, *&c.* dans l'eſpace *a f*, & qu'il doit arriver la même choſe à tous les points viſibles qui ſeront dans les autres lignes concentriques à la ſurface du miroir, *B Q G*, *C R H*, *&c.* d'où il eſt aiſé de comprendre, que ſi ces parties ainſi reſſerrées repréſentent au naturel l'objet dont elles forment l'image, il faut néceſſairement que dans le deſſein, elles ſoient étendues de maniére à rendre ce même objet méconnoiſſable; telle eſt une figure humaine qui ayant de la tête aux pieds la longueur *N S*, occupe en largeur l'eſpace *L N P*, ou quelque choſe de plus.

Par une conſéquence néceſſaire, une figure bien proportionnée qui ſe préſente devant un tel miroir, doit

XVI. Leçon.

produire une image tout-à-fait difforme, puiſqu'il eſt indiſpenſable que l'une de ſes dimenſions ſe repréſente dans une eſpace beaucoup plus petit, que celui qu'elle occupe dans l'objet. Voilà pourquoi l'on ſe voit un viſage écraſé avec une bouche extrêmement grande, quand on tient l'axe du miroir cylindrique parallélement à la poſition des deux yeux.

Si *F G*, *Fig.* 26 étoit un miroir plan d'une largeur ſenſible, tous les points *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, ſeroient vus infailliblement dans la ligne *a e*, c'eſt-à-dire, dans une poſition horizontale, le miroir étant élevé, comme on le ſuppoſe, verticalement : avec le miroir cylindrique, ce qui eſt deſſiné par le carton placé horizontalement, paroît élevé à-peu-près comme *e g* ; cela vient de ce que les pyramides de lumiére qui arrivent des parties *A*, *B*, *C*, *D*, &c. du deſſein au miroir, y touchent non pas un ſeul point comme nous l'avons ſuppoſé, en ne faiſant attention qu'aux axes de ces pyramides, mais un eſpace ſenſible qui doit être conſidéré comme un petit miroir convexe, puiſ-

qu'il eſt courbe ſuivant ſa largeur. Or tout miroir convexe, comme je l'ai fait voir, rapproche les images vers l'œil, en augmentant la divergence des rayons qui forment les pyramides de lumiére; ainſi le point *A* au lieu d'être vu en *a*, paroît en *g*, & ainſi des autres.

On peut encore remarquer dans l'uſage du miroir cylindrique, que la dimenſion *a e* de l'image augmente, à meſure que l'œil s'éleve davantage au-deſſus du carton ſur lequel eſt deſſinée la figure; c'eſt qu'alors l'angle viſuel devient moins aigu, comme on le peut voir en ſuppoſant l'œil placé en *K*: & l'on ſait par ce que j'ai enſeigné ailleurs, que la grandeur apparente de tout ce que nous voyons, ſe régle naturellement ſur l'ouverture plus ou moins grande des angles viſuels.

Le miroir conique eſt encore une combinaiſon du miroir droit avec le convexe: mais il s'y joint des circonſtances qui rendent les effets très-différents de ceux du cylindre. Premiérement, comme toutes les lignes droites de la ſurface réfléchiſſante

XVI. LEÇON.

ſont inclinées entr'elles, & qu'elles ont un point commun de réunion au-deſſus du plan qui porte la figure deſſinée, le miroir placé au centre d'un carton circulaire, en peut faire voir toute l'étendue à quiconque met l'œil directement & à une diſtance convenable au-deſſus de la pointe du cône; car les rayons qui partent des points *A*, *B*, *C*, *Fig.* 28. après avoir touché le miroir en *g*, *h*, *i*, ſe réfléchiſſent vers le ſpectateur, & lui font voir les parties du deſſein dans la baſe du cône. La même choſe ſe paſſe dans la partie oppoſée à l'égard des points *D*, *E*, *F*; de ſorte que tout ce qui eſt tracé dans un eſpace circulaire, dont on ne voit ici que la moitié *ACGHFD*, ſe repréſente dans le cercle dont le diamétre eſt *c f*.

L'image par conſéquent eſt beaucoup plus petite que l'objet, & bien plus près de l'œil qu'elle ne ſeroit, ſi le miroir étoit purement droit. La ſurface du miroir conique étant comme celle du cylindre, compoſée dans ſon pourtour de lignes circulaires paralléles à la baſe, chaque endroit

endroit ſur lequel tombe un faiſceau de rayons, le modifie comme un miroir convexe, dont la propriété eſt de diminuer la grandeur des images, & de les approcher de l'œil : & parce que deux miroirs plans inclinés l'un vers l'autre, comme les deux lignes *c g*, *f g*, feroient voir *a*, *b*, *c*, & *d*, *e*, *f*, dans un ordre directement oppoſé à celui des parties *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, de l'objet repréſenté, quand on regarde ſur la pointe d'un miroir conique, on doit s'attendre de trouver au centre de l'image ce qui eſt deſſiné dans la circonférence extérieure *A HD* du carton, & les extrémités de cette même image compoſée des parties *C*, *G*, *F*, &c.

XVI. LEÇON.

Mais ce que cette eſpéce de miroir a de particulier, c'eſt que ſa courbure va toujours en augmentant, depuis la baſe juſqu'au ſommet ; & c'eſt une ſeconde circonſtance qui mérite attention, parce qu'elle contribue plus que toute autre à rendre l'image différente de l'objet qui l'a fait naître. Les parties du deſſein ſe repréſentant à contre-ſens dans le miroir, celles qui ſont les plus éloignées l'une de l'autre ſur

XVI. LEÇON.

le carton ſont les plus rapprochées dans la repréſentation : en un mot, tout ce que porte le cercle *AHD*, &c. ſe raſſemble, pour ainſi dire, dans un point ; *BIE*, &c. eſt moins reſſerré, & *CGF*, &c. occupe la circonférence extérieure de l'image : on voit par-là, que ſi les parties de cette image ſe montrent dans un ordre, & avec des diſtances convenables, pour repréſenter un objet connu, il faut qu'elles ayent dans le deſſein des poſitions contraires, & des diſproportions de grandeur, d'où il réſulte un tout qu'on ne reconnoît point ; & cet effet du miroir, qui rend à l'image ce que le deſſein n'a pas, vient de ce que les parties les plus écartées *A*, *H*, *D*, tombent ſur une zone du miroir où la courbure eſt la plus forte, & qui faiſant l'office d'un miroir très-convexe, les reſſerre plus que les autres. Les décroiſſements de cette courbure, depuis la pointe juſqu'à la baſe du cône, étant dans un rapport convenable avec la diminution des cercles concentriques, ſur leſquels les différentes parties du deſſein ſe trouvent placées, il arrive de-là que ces mêmes

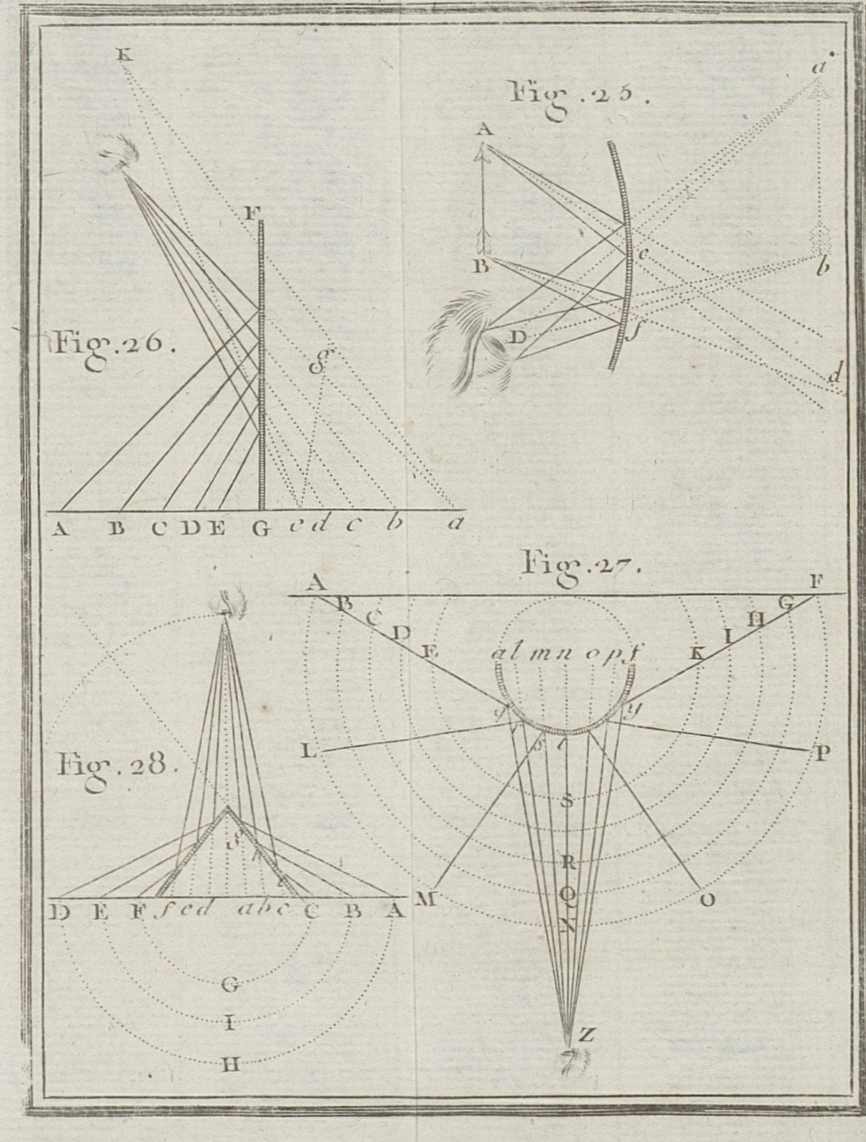


Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
A B C D E G e d c b a
K
F
g
A
B
D
c
f
a
b
d
A B C D E F G H I K
a l m n o p f
L P M O
S R Q N Z
D E F f e d a b c C B A
G I H

parties reçoivent dans l'image un arrangement régulier, & tel qu'il leur faut, pour repréſenter correctement un certain objet.

XVI. Leçon.

Par une ſuite néceſſaire de tout ce que je viens de dire touchant le miroir conique, les parties d'un objet ou d'un deſſein régulier doivent s'y repréſenter dans un ordre renverſé, & avec des diſproportions & de diſtances & de grandeurs qui le rendent tout-à-fait difforme. Un homme, par exemple, y voit ſon viſage avec une bouche qui fait tout le tour de l'image, tandis que les oreilles diminuées à l'excès, ſont adoſſées l'une à l'autre près du centre.

Les miroirs, tant cylindriques que coniques, ſont ordinairement convexes : on en pourroit faire de concaves, & on expliqueroit de même leurs effets, en démêlant ce qui dépend des propriétés du miroir droit, d'avec ce qui appartient au miroir ſpérique concave, dont nous avons parlé ci-deſſus : & en général, comme les miroirs mixtes ne peuvent être compoſés que de lignes droites dans un ſens, & de lignes courbes

XVI. LEÇON.

dans l'autre ; quand bien même ces courbes ne ſeroient pas des arcs de cercle, en partant de ce premier principe, que *la lumiere ſe reflechit faiſant ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence*, on viendroit toujours à bout de voir l'influence, ou la part que ces courbes pourroient avoir dans l'effet total.

ARTICLE III.

De la Lumiére réfractée, ou des principes de la Dioptrique.

La réfraction de la lumiére, comme je l'ai déja annoncé au commencement de l'Article précédent, eſt une déviation que ſes rayons ſouffrent dans certains cas, en paſſant d'un milieu dans un autre. Les anciens ont remarqué cet effet ; mais ils ne l'ont point approfondi, parce qu'ils n'en ſentoient pas l'importance, & parce qu'ils ne le pouvoient guéres avec les idées qu'ils s'étoient faites de la propagation de la lumiére & de la viſion des objets. L'invention des lunettes à laquelle la théorie des réfractions nous auroit

conduits immanquablement, ſi le hazard n'eût été plus prompt à nous ſervir, fit connoître aux Mathématiciens, & ſur-tout aux Aſtronomes, combien il étoit néceſſaire d'étudier ce phénoméne, & d'en déterminer les loix : on peut dire que ce n'eſt que depuis cette époque qu'on s'y eſt appliqué avec un véritable ſuccés. Snellius profitant & des expériences & des conjectures de Kepler, a fort avancé ces recherches ; & Deſcartes y a mis, pour ainſi dire, la derniére main : Son Traité de Dioptrique eſt un chef-d'œuvre, eu égard au tems dans lequel il a paru.

XVI. Leçon.

La réfraction dont il s'agit ici ne s'obſerve que dans les milieux tranſparents, c'eſt-à-dire, dans ceux que la lumiére pénétre, en conſervant l'action par laquelle elle ſe rend viſible elle-même, & nous fait voir les autres corps ; & comme il peut arriver qu'un rayon ſe diviſe après être entré, & que pluſieurs de ſes parties ſe jettent à droite ou à gauche ſans aucun ordre, nous n'aurons égard qu'à celles qui demeureront unies, & qui auront conſervé un mouvement

régulier dans le milieu réfringent.

XVI. LEÇON.

Je regarde les milieux tranſparents, ſolides ou fluides, comme des maſſes, dont les pores réguliérement alignés dans toutes ſortes de directions, ſont pleins de ce fluide ſubtil que nous avons nommé juſqu'à préſent *matiére de la lumiére*; lorſque de tels corps ſont entiérement plongés dans d'autres milieux tranſparents comme eux, quoique de nature différente, je conçois que la lumiére extérieure animée par un aſtre, ou par quelque corps enflammé, communique ſon action à celle du dedans, qui la tranſmet à ſon tour juſqu'à la ſurface oppoſée, à-peu-près comme le ſon paſſe d'un côté à l'autre d'un bois, ſans que l'air ſonore qui eſt entre les arbres ſe déplace : ainſi je le répéte encore, quand je dirai qu'un rayon *paſſe* de l'air dans l'eau, dans le verre, &c. qu'il *ſe plie*, qu'il *ſe détourne*, qu'il *ſe réfracte*, qu'il *s'approche*, qu'il *s'éloigne*, tout cela doit s'entendre, non d'une tranſlation réelle de la matiére même de la lumiére, mais du progrès de ſon action, ou de ſes changements de directions.

La lumiére ſe réfracte dans ces deux circonſtances réunies ; ſavoir quand elle paſſe d'un milieu dans un autre plus ou moins denſe, & que ſa direction eſt oblique au plan qui ſépare les deux milieux ; c'eſt-à-dire, qu'avec quelque direction que ce fût, le rayon de lumiére ne ſouffriroit aucune réfraction, ſi ſortant de l'air par exemple, il entroit dans une matiére diaphane qui ne fût, ni moins, ni plus pénétrable pour lui que ce fluide ; & que quand bien même il y auroit une différence de pénétrabilité entre les deux milieux, le rayon de lumiére les traverſeroit en droite ligne, ſi lorſqu'il ſort de l'un il tomboit perpendiculairement ſur la ſurface de l'autre ; on remarquera que la lumiére a cela de commun avec tous les corps, ſi l'on ſe rappelle ce que j'ai enſeigné touchant la réfraction * en général, en traitant des loix du mouvement.

* *III. Leçon. Tom. I. pag. 262. & ſuiv.*

On ne ſait pas bien encore quelle eſt la vraie cauſe de la réfraction de la lumiére : les Phyſiciens ſont fort partagés ſur cette queſtion ; mais on en connoît aſſez bien les loix, &

XVI. LEÇON.

c'eſt ce qu'il nous importe le plus d'apprendre, parce que ce ſont des faits qui ſervent de fondement à la Dioptrique, & d'où dérivent toutes les explications dont nous aurons beſoin dans cette partie. L'Expérience ſuivante nous les mettra ſous les yeux.

I. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut avoir une platine quarrée de bois ou de métal bien dreſſée, peinte en blanc, & de telle grandeur qu'on puiſſe y tracer en noir un cercle de 20 pouces de diamétre, ou environ, avec les lignes & les diviſions qu'on voit dans la *Fig.* 1. Il faut de plus, qu'il y ait aux quatre angles des vis à oreilles qui en traverſent l'épaiſſeur, & par le moyen deſquelles on puiſſe l'affermir, & la mettre de niveau ſur une table en forme de guéridon, qui ſe hauſſe & ſe baiſſe à volonté, & qui tourne horizontalement ſur un pivot, *Fig.* 2.

On place cet appareil dans une chambre obſcure, où par le moyen d'un miroir plan de métal, placé en

dehors de la fenêtre, on faitentr er avec une direction horizontale, des rayons ſolaires par une ouverture de trois pouces de haut, ſur un de large, pratiquée au volet.

XVI. LEÇON.

Cette lumiére eſt reçue d'abord ſur une platine verticale de cuivre mince, placée à la circonférence du grand cercle, & qui a une ouverture un peu moins longue & moins large que celle du volet, pour diminuer un peu le jet de lumiére. Cette platine eſt repréſentée ſéparément par la *Fig.* 3.

Comme la table, avec tout ce qu'elle porte, peut ſe mouvoir en tournant horizontalement, & que la platine verticale change de place, autant qu'on le veut, ſur la circonférence du cercle, il eſt aiſé de conduire le jet de lumiere ſucceſſivement par tous les rayons du quart de cercle *O C P*.

f g h, *Fig.* 4. eſt une caiſſe longue de 10 pouces, & qui en a 4, tant en hauteur qu'en largeur ; elle eſt entiérement ouverte par en haut ; ſes quatre côtés ſont faits avec des lames de cuivre ; & le fond eſt une

XVI. LEÇON.

glace tranſparente qui tient avec du maſtic. Au tiers de ſa longueur, le côté *g h* a une ouverture tout-à-fait ſemblable à celle de la platine verticale ; & afin que la caiſſe puiſſe contenir de l'eau, cette ouverture eſt couverte d'un morceau de verre mince attaché avec du ciment.

Enfin, la *Fig.* 5. repréſente un quarré de cryſtal très-pur & ſans bouillon, dont les côtés bien plans & bien paralleles entr'eux, ont chacun 3 pouces de long, & l'épaiſſeur du morceau eſt d'environ deux pouces.

Ces deux derniéres piéces ſe placent l'une après l'autre dans le demi-cercle *O p R*, de maniére que le côté *g h* ſoit ſur la ligne *O R*, & que la ligne *i k* tombe directement ſur le point *C*. Quand on ſe ſert de la caiſſe, on l'emplit d'eau bien claire juſqu'à la moitié de ſa hauteur, & l'on regarde perpendiculairement pardeſſus, pour reconnoître l'endroit où répond le rayon de lumiére ſur le quart de cercle *C p R*.

Effets.

1°. Si le jet de lumiére dirigé

comme *A C* rencontre l'ouverture *i k* de la caiſſe, il ſe diviſe en deux parties, dont l'une paſſe au-deſſus de la ſurface de l'eau, & arrive en *B*, en ſuivant ſa premiére direction ; l'autre ſe plonge dans l'eau, & s'incline en entrant vers la ligne *C p*, qui eſt perpendiculaire au côté *g h*.

XVI. LEÇON.

2°. On voit arriver le même effet, lorſque le rayon tombe moins obliquement ſur *g h*, comme par les lignes *D C*, *E C*, à cela près qu'il eſt moins grand ; c'eſt-à-dire, que le rayon rompu paroît moins écarté de ſa premiére direction : & ce même effet devient abſolument nul, quand le rayon tombe perpendiculairement, comme *P C* ; car alors le jet de lumiére ne ſe diviſe plus ; la partie qui paſſe dans l'air, comme celle qui traverſe l'eau, ſuivent également la direction *C p*.

3°. Les choſes ſe paſſent de même, quand on ſubſtitue le quarré de verre à la caiſſe qui contient de l'eau ; ce qu'on remarque de plus, c'eſt que la réfraction que ſouffre la lumiére en entrant dans le verre, eſt plus forte dans tous les cas où elle a lieu, que dans l'eau pure.

XVI. LEÇON.

4°. Mais quoique la réfraction ſoit moins grande, à meſure que le rayon incident devient moins oblique à la ſurface du milieu réfringent, on trouve toujours un rapport conſtant entre l'angle *a Cp* & celui d'incidence *A C P*. Ce rapport ſe connoît par la comparaiſon des lignes *a d* & *A e*, qui ſont les ſinus des angles de réfraction & d'incidence, & que l'on peut voir à travers de l'eau & de la glace qui fait le fond de la caiſſe. L'Expérience montre que la premiére eſt à la ſeconde dans la proportion de de 3 à 4, quand le milieu réfringent eſt de l'eau commune, & à-peu-près-comme 2 à 3 quand c'eſt du verre, & que dans l'un ou l'autre cas le rayon incident vient de l'air (*a*).

5°. Un rayon réfracté en *a* ou en tout autre endroit, & renvoyé en *C* par un miroir plan ou par quelqu'autre moyen, ne continue point

(*a*) Il ne faut prendre ces proportions que comme des à peu-près : je les donnerai d'une maniére plus exacte, quand je parlerai de la décompoſition de la lumiére & des différents degrés de réfrangibilité de ſes rayons.

cette route en ligne droite ; mais il s'écarte de la perpendiculaire *P C*, & retourne précisément en *A*, d'où il étoit parti d'abord : ce qui a lieu dans tous les cas.

Loix de la réfraction de la lumiére.

Nous pouvons déduire des résultats de notre Expérience, les propoſitions ſuivantes, que nous regarderons dorénavant comme des loix ou comme des points fixes, ſur leſquels nous appuyerons tout ce que nous avons à dire touchant les effets de la lumiére réfractée.

I LOI. Les rayons de la lumiére ſe réfractent toujours, lorſqu'ils paſſent obliquement d'un milieu dans un autre, qui eſt d'une denſité ou d'une nature différente.

II LOI. Quand la lumiére ſe réfracte en paſſant d'un milieu rare dans un milieu plus denſe (*a*), l'angle de

(*a*) Cette Loi ſouffre des exceptions. La plupart des matiéres graſſes ou ſulfureuſes qui ſont tranſparentes, réfractent la lumiére plus fortement qn'on ne devroit s'y attendre, ſi l'on n'avoit égard qu'à leur denſité. Il y a en elles deux cauſes de réfraction, l'une qui tient à leur denſité, l'autre qui dépend de leur na-

XVI. LEÇON.

réfraction eſt plus petit que l'angle d'incidence, & réciproquement, &c.

III LOI. Quoique la réfraction de la lumiére devienne plus ou moins grande, ſoit par le degré d'obliquité de l'incidence du rayon, ſoit par la nature du milieu réfringent, les ſinus des deux angles, de réfraction & d'incidence, demeurent toujours en rapport conſtant.

IV LOI. La réfraction, non plus que la réflexion, n'altére pas ſenſiblement l'activité de la lumiére, puiſqu'un rayon réfracté qu'on oblige à retourner ſur lui-même, reprend, en ſortant du milieu réfringent, la di-

ture particuliére : celle-ci peut ſuppléer d'une maniére ſurabondante à ce que l'autre ne peut pas faire, ou produire une juſte compenſation; de-là il peut arriver que la lumiére, en paſſant d'un milieu rare dans un milieu plus denſe, faſſe ſon angle de réfraction plus grand que celui de ſon incidence, ou qu'elle les faſſe tous deux égaux ; c'eſt-à-dire, qu'elle ne ſe réfracte point : on pourroit même en citer des exemples, ce qui eſt contraire à la loi générale; mais comme cette loi eſt vraïe dans les cas les plus ordinaires, & ſur-tout pour les corps dans leſquels il nous importe le plus de ſuivre les mouvements de la lumiére, nous regarderons toujours la propoſition générale comme un principe de Dioptrique.

rection qu'il avoit dans ſon inciden-ce, comme on l'a vu par le 5e ré-ſultat, & comme on peut s'en aſſurer encore davantage, en multipliant cette épreuve ſur le même rayon.

V LOI. Le rayon réfracté & le rayon incident ſe trouvent toujours dans un même plan, lequel eſt perpendiculaire à la ſurface du milieu réfringent.

EXPLICATION.

En regardant les réſultats qu'on vient de voir comme des Loix ou comme des principes tirés immédiatement de l'Expérience, je pourrois me diſpenſer d'en chercher les raiſons, ſans que cela fît tort aux vérités que j'ai deſſein d'en déduire : mais pour ſatisfaire le Lecteur curieux de ſavoir ce que l'on a penſé à ce ſujet, plutôt que par l'eſpérance de l'éclairer à fond, je crois devoir rapporter en gros les opinions des plus habiles Phyſiciens de partis oppoſés.

Deſcartes conſidérant que la réfraction de la lumiére ſe fait communément en ſens contraire de celle

XVI. LEÇON.

des autres corps, & ſachant, à n'en pas douter, qu'une balle de mouſquet lancée obliquement de l'air dans l'eau, ne fait ſon angle de réfraction plus grand que celui de ſon incidence, que parce qu'à la ſuperficie du milieu le plus denſe ſon mouvement de haut en bas eſt plus retardé, que celui qu'elle a pour s'avancer parallélement à cette même ſurface, fit ce raiſonnement : « Puiſqu'un balle de métal ou tout » autre corps ſemblable venant en C » *Fig.* 6. ſe réfracte en s'approchant » de *C d*, parce que l'eau dans la» quelle elle entre réſiſte plus que » l'air d'où elle ſort, au mouve» ment qu'elle a pour deſcendre ; un » rayon de lumiére qui dans les mê» mes circonſtances ſe plie vers *CP*, « doit nous porter à croire, que » l'eau lui fait moins de réſiſtance » que l'air ». Ce Philoſophe voyant encore, que la réfraction de la lumiére étoit plus grande dans le verre que dans l'eau, conclut tout de ſuite & en général, que plus la denſité des corps tranſparents étoit grande, plus la lumiére y exerçoit ſes mouve-

ments

ments avec liberté ; en quoi, ſans doute, il ſe preſſa un peu trop, ne prévoyant pas les exceptions qui ſe ſont trouvées depuis, & dont j'ai fait mention dans la derniére note.

Cette ſuppoſition, toute conſéquente qu'elle étoit, révolta dès-lors bien des eſprits ; & encore aujourd'hui, il y a peu de perſonnes qui ne ſentent de la répugnance à l'admettre, parce que ne connoiſſant pas l'état intérieur des corps diaphanes, ni de quelle maniére au juſte ils reçoivent & tranſmettent l'action de la lumiére, on raiſonne d'après des exemples & des comparaiſons pleines de diſparités ; car aucun autre fluide n'eſt comparable à la lumiére, & la tranſparence des corps à travers leſquels elle paſſe, eſt tout-à-fait différente de ce qu'on nomme *perméabilité* dans ceux qui ſont opaques.

Voici, ſelon moi, ce que cette opinion a de plus fort contr'elle, c'eſt le préjugé où l'on eſt, qu'un corps ne peut jamais offrir des paſſages plus libres à une matiére étrangére, quand les vuides qui ſont entre ſes parties

XVI. LEÇON.

propres, décroiſſent de nombre ou de grandeur, comme il arrive dans le cas d'une plus grande denſité.

Mais ce préjugé, quelque puiſſant qu'il ſoit, peut-il tenir contre des faits évidents ? N'eſt-il pas démontré que l'action de la lumiére ſortant de l'air s'accélere en pénétrant dans l'eau, quand on voit qu'elle n'employe pour paſſer de *C* en *a*, que le tems qu'elle eût mis à parcourir *CB*, ſi elle eût continué de traverſer de l'air ? D'ailleurs une plus grande tranſparence, n'eſt-elle pas le ſigne infaillible d'une plus grande préméabilité, par rapport à la lumiére ? Dans nombre d'occaſions cependant nous voyons qu'un corps, pour être plus denſe qu'un autre, n'en eſt pas moins propre à laiſſer paſſer la lumiére ; il n'y a qu'à comparer à cet égard un diamant d'une belle eau, avec un morceau de verre de même épaiſſeur, on verra ſûrement que celui-ci, quoique plus poreux, puiſqu'il eſt ſpécifiquement plus léger, n'eſt jamais d'une tranſparence auſſi parfaite.

Mais pourquoi l'eau plus denſe

que l'air eſt-elle plus pénétrable à la lumiére ?

Deſcartes répond, c'eſt qu'une maſſe d'air eſt compoſée de parties rameuſes, moins propres à laiſſer entre elles des paſſages en droites lignes, que celles de l'eau qui ont des ſurfaces liſſes & une figure avec laquelle elles s'arrangent de telle ſorte, qu'il en réſulte une poroſité convenable à la propagation de la lumiére.

Cette réponſe ne peut être reçue que comme une conjecture, encore n'eſt-elle pas des plus heureuſes ; le Philoſophe de qui nous la tenons ne l'auroit peut être pas hazardée, s'il avoit ſçu que la plupart des huiles, moins denſes que l'eau, réfractent cependant plus fortement qu'elle la lumiére qui ſort de l'air, car ſuivant ſes propres idées, nous devons croire que toutes les matiéres graſſes ont des parties branchues ; ce qui met en droit de dire, ou que le mouvement de la lumiére ne s'accélére point dans l'eau, par la raiſon que les parties de ce liquide ne ſont point rameuſes comme celles

XVI. LEÇON.

de l'air, ou que les corps gras qui réfractent la lumiére autant ou plus que l'eau, nont pas, comme on le ſuppoſe, des parties moins liſſes & moins dégagées que les ſiennes.

Les Phyſiciens attachés au principe des attractions reconnoiſſant avec les Cartéſiens, que le mouvement de la lumiére eſt accéléré, lorſqu'elle paſſe de l'air dans l'eau, répondent tout autrement qu'eux, quand on leur demande quelle eſt la cauſe de cette accélération ; ils attribuent cet effet à la vertu attractive de l'eau, laquelle, plus puiſſante que celle de l'air, oblige l'extrémité *C* du rayon incident à s'incliner un peu plus qu'il ne l'eſt par ſa direction naturelle, & à tendre au point *a*, au lieu de continuer en droite ligne vers *B*. Et comme l'attraction eſt une puiſſance qui augmente comme la denſité des corps où elle réſide, & à meſure que la diſtance diminue entre ce corps & celui qui eſt attiré, il ſuit premiérement, que du verre doit accélérer plus que l'eau, le mouvement de la lumiére qui vient de l'air, comme

l'expérience le montre ; ſeconde-ment, que le rayon incident doit aug-menter de vîteſſe, à meſure qu'il ap-proche davantage du milieu réfrin-gent le plus denſe ; ce qui doit lui faire prendre de l'accélération, & une petite courbure qu'on ne voit pas, mais qu'il faut ſuppoſer, quand on raiſonne ſuivant ces principes.

Si quelqu'un a pris ſon parti ſur cette maniére de philoſopher, & qu'il ait une fois pour toutes admis des vertus attractives & répulſives dans la maniére, je ne lui conſeillerai pas de changer d'avis dans cette occa-ſion : j'avoue que les Newtoniens ſe tirent aſſez adroitement d'affaire, lorſqu'il s'agit de rendre raiſon des différents effets qu'on remarque dans les réfractions de la lumiére ; mais ſi l'on eſt impartial, on m'accordera que ce n'eſt pas ſans peine : le Lec-teur en jugera par ce qui ſuit.

Newton a trouvé par expérience un certain nombre de corps, tant ſo-lides que liquides, leſquels avec moins de denſité que l'eau & le verre, ré-fractent autant ou plus qu'eux, la lu-miére qu'ils reçoivent de l'air. En un

XVI. LEÇON.

mot, il a reconnu que l'accélération de la lumiére qui pénétre dans ces ſubſtances, eſt plus grande qu'elle ne doit être eu égard à leur ſeule denſité : que dire à cela, quand on a commencé par attribuer l'accélération du rayon réfracté à l'attraction du milieu réfringent, & que l'on a donné la denſité pour la meſure de cette vertu ? Le cas eſt embarraſſant pour un Phyſicien qui a pris pour régle d'être ſobre en ſuppoſitions ; voici la ſolution qu'on donne de cette difficulté : Dans les corps dont il s'agit, il y a, dit-on, deux ſortes de pouvoirs attractifs : l'un tient à la denſité, l'autre eſt un être inconnu qui eſt attaché à la nature particuliére de chacune de ces ſubſtances. Probablement vous ne le connoîtrez jamais, que par le nom générique qu'on lui donne & par les fonctions qu'on lui attribue ; mais vous ſerez dédommagé de ce qu'on vous laiſſe à deſirer à cet égard, pour peu que vous ayez du goût pour les calculs ; car on vous dira à point nommé, combien il influe dans telle ou telle réfraction.

Ce qui réſulte de tout cela, c'eſt que les Newtoniens & les Cartéſiens ſont d'accord ſur ce point, que la lumiére reçoit une accélération de vîteſſe en paſſant de l'air dans l'eau, dans le verre & dans quantité d'autres milieux plus denſes, & que ſur la cauſe de cette accélération, ils ne nous éclairent guéres plus les uns que les autres. Car alléguer l'attraction comme font les premiers, c'eſt uſer d'un principe dont bien des gens ne veulent point, & qui a beſoin de ſupplément dans pluſieurs cas ; dire avec les autres, que la lumiére s'accélére, parce qu'elle paſſe plus librement, c'eſt preſque donner pour raiſon, le fait même qu'il s'agit d'expliquer.

XVI. Leçon.

Il me ſemble pourtant qu'on a tort d'objecter à ceux-ci, qu'un paſſage plus libre dans l'eau, dans le verre, &c. quand il ſeroit démontré d'ailleurs, ne ſuffiroit pas pour rendre raiſon du mouvement accéléré de la lumiére ; il faut ſe mettre dans la poſition d'un Cartéſien qui ne regarde pas le trajet de la lumiére comme un mouvement de tranſlation, mais ſeulement comme le

XVI. LEÇON.

tranſport d'une action qui s'imprime & s'entretient par celle du corps lumineux d'où procéde le rayon. Or, je penſe que dans un jet de lumiére ainſi conſidéré, qui enfile différents milieux, dont les uns ſont plus propres que les autres à conſerver l'activité de ſon mouvement, l'action qui ſe tranſmet d'un bout à l'autre peut être plus prompte dans les endroits où elle trouve moins d'obſtacles qui la ralentiſſent.

Un Auteur de ces derniers tems a prétendu expliquer la cauſe des réfractions de la lumiére, en diſant que les rayons incidents ſe réfléchiſſent en entrant obliquement dans les pores du milieu réfringent : quoique cette opinion ait un air aſſez naturel, il n'eſt pas poſſible de la faire valoir, ſi l'on ne montre auparavant que les angles de ces prétendues réflexions, ſont égaux à ceux des incidences dans tous les cas, où il y a ce que l'on nomme *réfraction* : & pour cela, il faut avoir recours à des hypothèſes qu'on auroit peine à faire goûter; comme de ſuppoſer une certaine direction dans la

plupart

plupart des pores des corps tranſparents ; tandis que les plus fortes raiſons nous portent à croire que ces pores ſont alignés dans toutes ſortes de ſens : ou de dire qu'il y a plus de lumiére réfléchie par les pores obliques, qu'il n'en entre dans ceux qui reçoivent directement les rayons incidents, ce qui ne ſeroit pas naturel à penſer.

Applications.

Un des effets de la réfraction qu'on remarque le plus, & dont on eſt toujours ſurpris quand on en ignore la cauſe, c'eſt l'inflexion apparente d'un bâton que l'on plonge obliquement dans l'eau ; tout le monde ſait qu'au lieu de paroître droit, il ſemble briſé au point *C*, *Fig.* 7. & former l'angle *ACb*. Si l'on veut comprendre comment cela ſe fait, il faut conſidérer, que chaque point éclairé de la partie plongée du bâton devient viſible par un faiſceau de lumiére qui paſſe obliquement de l'eau dans l'air, où l'on ſuppoſe que l'œil eſt placé : or ce jet de lumiére paſſant ainſi d'un milieu denſe dans un autre qui l'eſt moins,

XVI. LEÇON.

doit ſe réfracter dans celui-ci, en s'écartant de la perpendiculaire *P D*: ainſi l'œil apperçoit le point *B*, par la pyramide de lumiére *D E*, dont les rayons convergent en *b*, qui devient par-là le lieu apparent de l'objet. Si vous faites le même raiſonnement pour tous les points viſibles *F*, *G*, *H*, &c. vous trouverez que leurs images doivent être dans la ligne *b C*, laquelle fait un angle avec la partie du bâton qui eſt hors de l'eau.

On explique de même, comment une piéce d'argent placée au fond d'un vaiſſeau qui n'eſt pas de matiére tranſparente, devient viſible à l'œil qui ne pouvoit pas l'appercevoir, lorſqu'on la couvre d'une maſſe d'eau d'une certaine épaiſſeur ; car on voit que le rayon *R S* qui paſſeroit au-deſſus de l'œil, s'il n'y avoit pas de réfraction, venant à s'écarter de la perpendiculaire *P S*, lorſqu'il paſſe de l'eau dans l'air, ſe dirige vers *T*, & fait voir l'image de la piece en *r*, comme ſi l'objet s'étoit élevé.

Nous voyons donc au-deſſus de ſon vrai lieu tout ce que nous ap-

percevons dans l'eau par des rayons obliques ; & c'eſt à quoi l'on doit faire attention, lorſqu'on tire ſur le poiſſon d'un étang : on le manqueroit certainement, ſi l'on tiroit à l'endroit où on le voit, pour deux raiſons ; 1°. parce qu'il eſt plus bas que le lieu où il paroît être ; 2°. parce que la balle ſouffrant une réfraction en ſens contraire de celle de la lumiére, s'éleve néceſſairement au-deſſus de la direction qu'on a intention de lui donner.

Comme, étant placés dans l'air, nous appercevons dans l'eau des objets que les bords du baſſin nous cacheroient, ſi la lumiére qui en vient ne ſouffroit pas de réfraction, en paſſant de l'un de ces milieux dans l'autre, réciproquement les animaux qui, étant ſous l'eau, regardent dans l'air, par des rayons obliques, découvrent ce qui ne ſeroit pas à la portée de leurs yeux, s'ils ne devoient voir que par des rayons directs. L'œil placé en *R* apperçoit ce qui eſt en *T*, comme lorſqu'il eſt en *T*, il voit ce qui eſt en *R* ; mais au lieu de le rapporter à ſa vraie place, il le juge en *t*.

XVI. LEÇON.

Cette derniére remarque eſt d'une grande conſéquence pour l'Aſtronomie. Il ſuit de-là que nous voyons les aſtres ſur l'horizon le matin & le ſoir, quelque temps avant qu'ils y ſoient arrivés, & après qu'ils ſont deſcendus au-deſſous; car l'atmoſphére terreſtre étant un milieu plus denſe que celui par lequel paſſe la lumiére des aſtres, avant que d'y arriver, le rayon qui part de l'étoile *S*, *Fig.* 8, lorſqu'elle eſt encore au deſſous de l'horizon *H h*, ce rayon, dis-je, qui paſſeroit en droite ligne vers *V*, venant à ſe réfracter en *c*, en s'approchant de la perpendiculaire *p p*, parvient à l'œil du ſpectateur qu'on ſuppoſe en *t*, & lui fait voir l'étoile, comme ſi elle étoit en *ſ* au-deſſus de l'horizon.

Après le lever de l'aſtre, ſon lieu apparent différe encore de ſon lieu réel, par la même raiſon : mais à meſure qu'il s'éleve, cet effet va toujours en diminuant; parce que l'incidence de ſes rayons *R r X x*, devenant de moins en moins oblique à la ſurface de l'atmoſphére terreſtre, la réfraction devient moins grande

à proportion, juſqu'à ce qu'enfin l'aſtre étant parvenu au Zénith, ou à une hauteur qui en approche, ſes rayons, comme Z *z*, tombent directement, ou à-peu-près, & le repréſentent au vrai lieu où il eſt. XVI. LEÇON.

Ce que je viens de dire, comme en paſſant, des réfractions aſtronomiques, ſuppoſe que l'atmoſphére terreſtre eſt un milieu plus réfringent, ou plus denſe que celui qui remplit l'eſpace immenſe des cieux ; & c'eſt un fait dont on eſt aſſuré : prémierement, par l'apparition des aſtres, qui précéde conſtamment le matin celle qu'un calcul exact nous annonce, lorſqu'on n'a égard qu'à la durée de leur révolution. Secondement par des Expériences immédiates que d'habiles Phyſiciens ont faites en différents temps & en différents lieux (*a*), & par leſquelles ils ont taché de déterminer le rapport des ſinus des angles d'incidence & de réfraction *totale*,

(*a*) On peut conſulter ſur cela les Tranſact. Philoſoph. de Londres, N°. 257. & les Exp. Phyſico-méchaniques de Hauxbée, traduites en François ; à Paris chez Cavelier. *tome*. 1. *pag*. 106. *& ſuiv*.

XVI. LEÇON.

par les rayons de lumiére qui paſſent de l'éther dans toute l'épaiſſeur de l'atmoſphére terreſtre.

Je dis la réfraction totale, parce que le rayon réfracté par l'air de l'atmoſphére ne ſuit pas une ſeule ligne droite, comme il arrive dans un milieu réfringent d'une denſité uniforme : l'air étant plus denſe & plus chargé de vapeurs dans les couches de l'atmoſphére qui approchent le plus de la ſurface de la terre, on doit conſidérer, que ſon pouvoir réfractif va toujours en croiſſant dans le même ſens : ce qui fait que le rayon qui commence à ſe réfracter en *a*, *Fig.* 8. s'incline davantage en *b*, & encore plus en *e* ; au lieu de diſtinguer ſeulement trois couches dans l'atmoſphére, ſi l'on fait attention qu'il y en a une infinité, & que leurs denſités augmentent inſenſiblement, à commencer du point *a*, on comprendra d'abord que le rayon réfracté doit ſuivre une courbe continue, & faire voir l'aſtre, d'où il procéde, dans la tengente *t d*.

Et comme on s'eſt encore aſsûré par des expériences réitérées avec

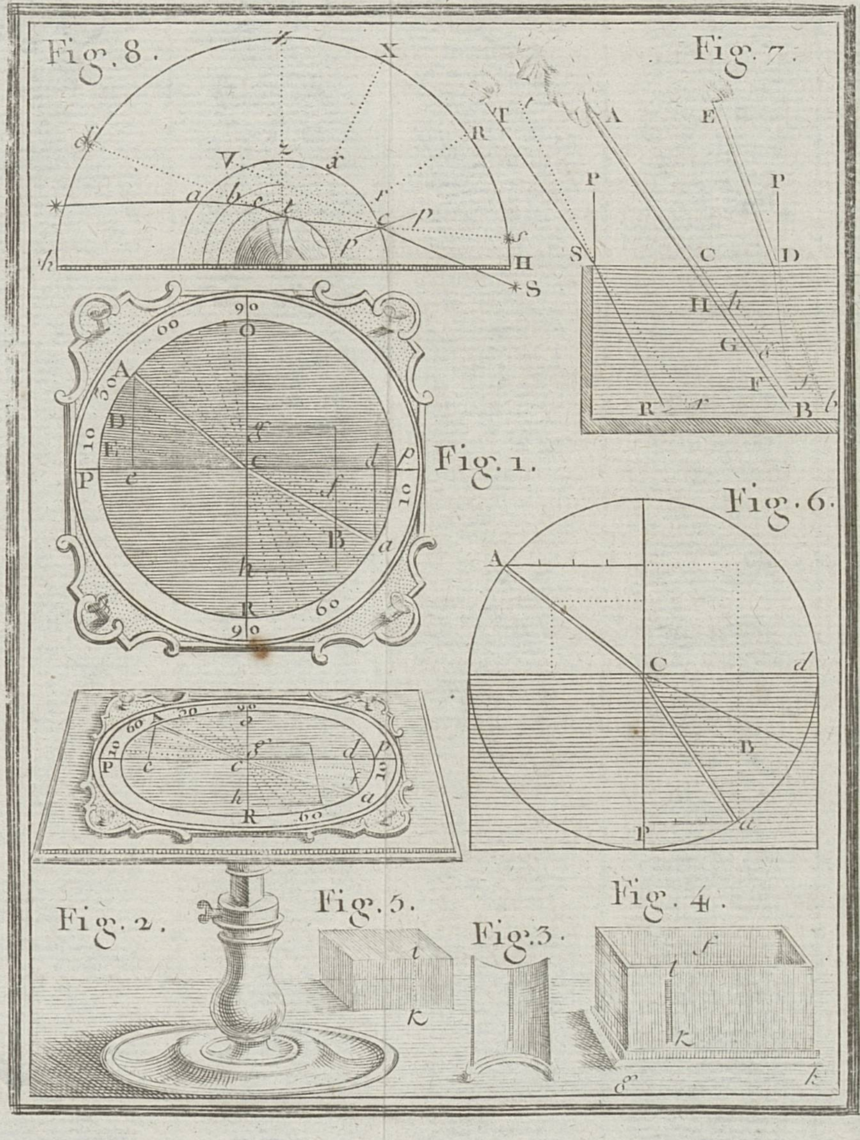


Fig. 8.
Fig. 7.
Fig. 1.
Fig. 6.
Fig. 2.
Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 4.

ſoin que la réfraction de la lumiére qui entre du vuide dans l'air, devient plus grande, à meſure qu'on augmente la denſité de ce fluide, ſoit en le comprimant, ſoit en le réfroidiſſant, c'eſt une conſéquence néceſſaire, que les objets qu'on voit ainſi à travers l'atmoſphére, quoiqu'à des hauteurs données, ne paroiſſent pas toujours également déplacés de leur vrai lieu; puiſque la température de l'air, ſon poids & la quantité de vapeurs dont il eſt chargé, varient non-ſeulement ſelon les climats & les ſaiſons, mais encore par une infinité de cauſes accidentelles.

Ces variations de denſité dans certaines parties de l'atmoſphére, influent tellement ſur la réfraction de la lumiére, que d'habiles Phyſiciens nous aſſûrent avoir trouvé, tantôt plus, tantôt moins grande la hauteur des mêmes édifices qu'ils avoient meſurés géométriquement d'une diſtance un peu grande. De pareils avis joints à la certitude que l'on a de la poſſibilité des effets, font qu'un Aſtronome circonſpect ne ſe repoſe point avec une entiére confiance ſur l'exactitude de

XVI. LEÇON. ſes tables de réfractions, & inſpirent une défiance raiſonnable à quiconque eſt obligé de compter ſur la rectitude parfaite d'un rayon de lumiére, qui traverſe une grande épaiſſeur d'air.

En regardant le Soleil ou la pleine Lune près de l'horizon, ſi vous remarquez que ſon diſque eſt d'une figure ovale, vous pouvez obſerver en même-temps, que le diamétre le plus court eſt celui qui eſt vertical; & vous appercevrez la raiſon de cet effet, ſi vous conſidérez premiérement, que la réfraction fait paroître toutes les parties de l'aſtre plus élevées qu'elles ne le ſont réellement; en ſecond lieu, que cette élévation apparente eſt d'autant plus grande, que l'objet eſt plus près de l'horizon : car, de ces deux effets il réſulte clairement que le bord inférieur du diſque lumineux doit paroître rapproché du bord ſupérieur, ce qui change ſa figure ronde en ovale. Si vous y preniez garde, vous verriez auſſi, & par la même raiſon, que la diſtance reſpective de deux étoiles, dont l'une eſt au-deſſus de l'autre,

paroît plus petite peu après leur lever, que quand elles approchent du Méridien, & vers le Zénith.

Un phénomène qui arrive quelquefois, & qui a bien intrigué les anciens Aſtronomes, parce qu'ils ne connoiſſoient point aſſez les effets de la lumiére réfractée par l'atmoſphére terreſtre, c'eſt de voir la Lune ſe lever totalement éclipſée, tandis que le Soleil ſe voit encore tout entier dans la partie oppoſée de l'horizon. Ceux qui ſavent qu'une éclipſe de Lune ſe fait par l'interpoſition de la terre entre le Soleil & elle, ſont ſurpris de voir qu'elle manque de lumiére en préſence, & vis-à-vis de l'aſtre qui a coutume de lui en donner : c'eſt que dans le cas dont il s'agit, ce n'eſt point elle-même qui ſe montre ſur l'horizon, ce n'eſt que ſon ſpectre élevé par l'effet de la réfraction, comme l'étoile *S* de la *Fig.* 8.

Mais, dira-t-on, comment un aſtre éclipſé peut-il ſe faire voir ainſi, s'il n'a plus de lumiére ?

Il faut ſe rappeller ici, que la Lune, dans les temps de ſes éclipſes, n'eſt jamais totalement privée de lu-

XVI. LEÇON.
miére ; elle eſt toujours très-viſible, ſous une couleur de fer rouge qui commence à s'éteindre : c'eſt enco un effet ſur lequel les Anciens ont mal raiſonné, ne connoiſſant pas aſſez le pouvoir réfractif de l'atmoſphére terreſtre, & que je trouve très-bien expliqué dans l'Optique de M. Shmith. « C'eſt, dit-il, une partie » des rayons ſolaires qui embraſſent » la terre, & qui s'étant réfractés dans » l'atmoſphére de cette planéte, vont » ſe croiſer dans ſon ombre, & illu- « miner foiblement la Lune qui s'y » trouve plongée ».

Les effets dont je viens de faire mention, nous apprennent déja que la réfraction de la lumiére change ſouvent la poſition, ou le lieu de l'objet, en nous le faiſant voir où il n'eſt pas ; nous verrons auſſi que la même cauſe influe ſur la figure, la grandeur, la diſtance & la ſituation ; mais comme toutes ces apparences dépendent de la poſition reſpective des rayons qui tracent les images au fond de l'œil, il eſt à propos, avant que d'entrer dans ce détail, de faire voir par des faits ſimples, comment

des rayons réfractés s'arrangent entre eux, étant données leurs incidences, & la figure des ſurfaces réfringentes.

Quand deux milieux ſe touchent, la ſurface du plus denſe ne peut être que plane, convexe ou concave; & les rayons incidents qui viennent pluſieurs enſemble pour la traverſer, ſont, ou paralleles entr'eux, ou convergents, ou divergents. Je vais examiner ce qui arrive dans ces différents cas; & comme j'ai lieu de croire, après ce qui a été dit & répété juſqu'ici, que le Lecteur comprend ſuffiſamment, qu'un jet de lumiére de la groſſeur du doigt, par exemple, eſt un faiſceau de rayons qui peuvent s'écarter davantage, ou ſe rapprocher les uns des autres, pour former un cylindre, ou une pyramide, au lieu d'employer, comme j'ai fait au commencement de la Catoptrique, deux jets ſéparés l'un de l'autre, le plus ſouvent je n'en mettrai qu'un en expérience, & je ferai juger du paralléliſme, de la divergence ou de la convergence de ſes parties, par la figure cylindrique ou pyramidale qu'il recevra. Quant aux ſurfaces

XVI. LEÇON.

concaves ou convexes des milieux; je ne parlerai que de celles qui ſont ſphériques, parce qu'elles ſont le plus en uſage dans la conſtruction des inſtruments de Dioptrique, & que d'ailleurs, ſi l'on entend bien leurs effets, il ſera aiſé d'appliquer les mêmes principes, pour expliquer ou prévoir ce qui arrive avec toute autre courbure.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence, paſſent obliquement d'un milieu rare dans un plus denſe, qui ſoit terminé par une ſurface plane.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Par le moyen d'un miroir plan de métal placé en dehors de la fenêtre, on introduit dans une chambre bien obſcure, des rayons ſolaires qu'on fait paſſer par un tuyau rond qui traverſe le volet dans une direction horizontale, & qui a 6 pouces de longueur ſur un pouce & demi de diamétre. Ce tuyau reçoit des verres de différentes convexités, à celle de ſes

extrémités qui répond au-dedans de la chambre : celui qu'on y met pour cette Expérience, n'en a que ce qu'il en faut, pour rendre le jet de lumiére ſolaire parfaitement cylindrique.

Ce faiſceau de rayons eſt reçu obliquement ſur le côté long d'une caiſſe repréſentée par la *Fig.* 9. & placée ſur la table que j'ai déſignée ci-deſſus par la *Fig.* 2.

Les côtés longs de cette caiſſe ſont deux morceaux de verre bien droits, de 4 pouces de large ſur un pied de long, elevés, bien paralléle-ment à 6 pouces de diſtance l'un de l'autre. Les deux petits côtés ſont de métal, ainſi que le fond ; & chacun d'eux a une ouverture circulaire de deux pouces & demi de diamétre, garnie d'un verre ſemblable à ceux dont on couvre les cadrans des montres, l'un ayant ſa convexité en dehors, l'autre ayant la ſienne en dedans de la caiſſe. Comme ce vaiſſeau doit contenir de l'eau, tous ces verres ſont attachés avec du ciment ; & aux quatre coins du fond en dehors, il y a des vis par le moyen deſ-

XVI. LEÇON.

quelles on le met de niveau ſur la table, & à l'un des bouts, un robinet pour vuider l'eau.

Effets.

Le jet de lumiére entrant par *A*, *Fig.* 10. dans la caiſſe remplie d'eau, ſe réfracte en *B*, & forme à cettte diſtance, ſur une lame de métal qu'on préſente perpendiculairement à ſa direction, un cercle lumineux dont le diamétre eſt égal à celui du cylindre de lumiére meſuré en *A*. Ce cercle s'apperçoit plus aiſément, ſi l'on couvre le dehors du verre avec un morceau de carton blanc : dans la Figure on n'a repréſenté que l'épaiſſeur de l'eau qu'on met dans la caiſſe, avec les effets de la lumiére qui la traverſe.

Au lieu d'arrêter ainſi le rayon, ſi vous le laiſſez ſortir de la caiſſe dans l'air, il prend une direction *Ss*, parallele à celle du rayon incicent *R r*, ce qu'il eſt aiſé de reconnoître en mettant ſur les bords de la caiſſe une régle parallele à l'un des deux rayons; & la groſſeur du jet de lumiére demeure conſtamment égale dans toutes les parties de ſa longueur.

D'où il ſuit que des rayons de lumiére paralléles dans leur incidence, en paſſant obliquement de l'air dans une maſſe d'eau terminée par une ſurface plane, conſervent leur parallélifme, comme auſſi en rentrant de l'eau dans l'air, terminé de même par une ſurface droite : la même choſe arrive avec tous les autres milieux qui différent en denſité, & qui n'ont qu'une médiocre épaiſſeur, comme nous le ſuppoſons ici. XVI. LEÇON.

SECOND CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence paſſent d'un milieu rare dans un plus denſe, & de celui-ci dans un autre ſemblable au premier.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette Expérience ſe fait comme la précédente, excepté, qu'au lieu de mettre au bout du tuyau un verre très-peu convexe, qui ne feroit qu'ôter aux rayons ſolaires le peu de divergence qu'ils ont quand on les reçoit par un trou dans une chambre, on en place un autre qui l'eſt davan-

XVI. LEÇON.

tage, & qui fait prendre au jet de lumiére la forme d'un cône ou d'une pyramide ronde, dont la pointe s'avance à 8 ou 9 pouces de diſtance.

La caiſſe étant pleine, on en préſente le côté *A D* perpendiculairement à la pyramide de lumiére, de façon que ſa pointe atteigne tout juſte le côté *B C* : après quoi on ouvre le robinet, pour la vuider : voyez la *Figure* 11.

EFFETS.

Auſſi-tôt qu'on a ôté l'eau de la caiſſe, la pointe de la pyramide lumineuſe ſe raccourcit ſenſiblement, & ſe voit en *E*.

Si l'on fait avancer la caiſſe vuide de quelques pouces, de ſorte que la pointe de la pyramide de lumiére paſſe d'autant au-delà du côté *B C*, l'eau que l'on met enſuite dans la caiſſe fait un peu avancer cette pointe, & l'on remarque que la pyramide eſt déformée, comme *F G*.

Ce qui fait voir que la convergence des rayons diminue, lorſqu'ils paſſent d'un milieu rare dans un milieu denſe; & qu'elle augmente au contraire,

quand

quand le paſſage ſe fait du milieu denſe dans celui qui l'eſt moins, & que les ſurfaces de ces milieux ſont planes.

TROISIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence entrent dans un milieu plus denſe, ou plus rare.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Tout reſtant diſpoſé, comme dans la derniére Expérience, & la caiſſe étant vuide, il faut la reculer de maniére que les rayons qui commencent à diverger, après avoir formé la pointe G, *Fig.* 12. & qui font une pyramide lumineuſe oppoſée à la premiére, ſe préſentent directement au côté *A D* de la caiſſe, & la traverſent entiérement; & l'on éleve verticalement à 3 ou 4 pouces de diſtance, au-delà du côté *B C*, un carton blanc, ſur lequel on reçoit la baſe de cette pyramide de lumiére, dont on meſure exactement le diamétre : après quoi l'on met de l'eau dans la caiſſe comme de coutume.

XVI. LEÇON.

Effets.

Le cercle lumineux paroît un peu augmenté ſur le carton ; & la pyramide paroît déformée, n'étant pas auſſi groſſe à la diſtance *B C*, qu'elle l'étoit avant qu'il y eût de l'eau dans la caiſſe.

Ce qui prouve que les rayons, en entrant de l'air dans l'eau, ont perdu une partie de leur divergence, & qu'ils l'ont repriſe en ſortant de l'eau pour rentrer dans l'air ; d'où l'on peut conclure, que quand les milieux ſe touchent par des ſurfaces planes, les plus denſes diminuent la divergence des rayons, & que les plus rares l'augmentent.

Explication.

Suivant la ſeconde Loi de la réfraction de la lumiére, un rayon qui paſſe obliquement d'un milieu rare dans un milieu denſe, quitte ſa premiére direction pour s'approcher de la perpendiculaire au plan qui ſépare les milieux : voilà pourquoi dans la ſeconde Expérience, le jet de lumiére qui eſt arrivé en *A*, s'eſt réfracté vers

B; car ſon incidence étoit oblique, & le milieu qu'il quittoit étoit moins denſe que celui dans lequel il eſt entré.

XVI. LEÇON.

Si l'on conçoit deux lignes paralleles qui ſe plient enſemble, & de la même quantité, leur parallélíſme doit ſubſiſter après l'inflexion. Or des filets de lumiére qui forment enſemble un jet cylindrique, comme dans la même Expérience, ſont paralleles entr'eux; l'incidence, par conſéquent, eſt également oblique pour chacun d'eux ſur une ſurface plane; leur réfraction paroit l'être auſſi dans une épaiſſeur d'eau qui n'a que 5 ou 6 pouces: ainſi, demeurant ſenſiblement paralleles après cet effet, ils forment encore un cylindre de lumiére égal en diamétre à celui qu'ils formoient dans l'air; & c'eſt pour cette raiſon, que ce jet réfracté, tombant perpendiculairement ſur un plan qu'on lui préſente, y marque un cercle lumineux de la même grandeur que celui qu'il fait voir ſur un pareil plan, avant que d'être dans l'eau.

Le 5e. réſultat de la premiére Expérience, ſur lequel nous avons établi la IVe. Loi, nous a fait voir

XVI. LEÇON.

qu'un rayon réfracté en *a*, Fig. 13; s'il eſt renvoyé en *C* par un miroir, ou autrement, ſe plie en entrant dans l'air, de telle maniére, qu'il retourne toujours par la ligne *C A*, qui eſt celle de ſa premiére incidence. Cela étant, lorſqu'arrivé en *a* il paſſe de l'eau dans l'air qui eſt au-delà, il doit venir en *B*, faiſant l'angle *p a B* égal à celui de l'autre part *A C P*; car la grandeur de ces angles dépend du degré d'obliquité avec lequel le rayon tombe de l'eau ſur l'air, ſoit en allant de *C* en *a*, ſoit en faiſant la route oppoſée : or, cette obliquité eſt égale de part & d'autre, puiſque les ſurfaces *E F*, *G H*, par leſquelles l'air & l'eau ſe touchent, ſont paralleles entr'elles. Dans le cas préſent, ces angles doivent donc être égaux ; & c'eſt ce qui fait que le rayon *a B*, après avoir traverſé l'eau, reprend une direction parallele à celle qu'il avoit avant que d'y entrer.

Dans la caiſſe pleine d'eau de la III Expérience, la pyramide de lumiére paroît plus longue qu'elle ne l'eſt dans l'air ; parce que les rayons incidents *a d*, *b c*, *Fig.* 14. étant incli-

nés en ſens contraire ſur la même ſurface droite *c d*, du milieu le plus denſe, font auſſi leurs réfractions dans des ſens oppoſés : ce qui diminue la convergence naturelle de ces rayons qui eſt au point *e*, & qui ſe rétablit, dès qu'il n'y a plus d'eau dans la caiſſe.

Quand la pointe de cette pyramide s'avance dans l'air au-delà du côté *K L*, les rayons émergents, comme *h k*, reprennent une direction parallele à celle de la premiére incidence *f g*, *l g*, comme je viens de le faire entendre, en expliquant les effets de la II Expérience; de-là il arrive, que le point de convergence qui ſeroit en *i*, ſans les deux réfractions, ſe prolonge juſqu'en *k*, & les côtés de la pyramide, au lieu d'être des lignes droites, comme *f i*, *l i*, ſont pliés deux fois, & en ſens contraires, comme on le voit en *h* & en *g*.

Pour ſe rendre raiſon des effets de la IV Expérience, il n'y a qu'à s'imaginer que les rayons divergents partent du point *k*, *Fig.* 14. en ſuivant leur marche aſſujettie aux loix de la réfraction, on verra tout d'un

XVI. LEÇON.

coup, comment ils deviennent d'abord moins divergents dans l'eau, qu'ils ne l'étoient avant que d'y entrer ; & enſuite plus divergents au-delà de la ſurface *HI*, qu'ils ne l'étoient avant que de toucher la premiére *K L* : car ils le ſont alors, comme s'ils venoient du point *i*.

On voit pareillement pourquoi, malgré cette plus grande divergence, ils marquent ſur le plan qu'on leur oppoſe un cercle de lumiére plus petit ; car, ſans les deux réfractions, les rayons *k h*, de part & d'autre, auroient été par des lignes droites en *m* & en *n* ; mais en ſe pliant 2 fois, en *h* & en *g*, ſuivant les proportions dont on a parlé précédemment, ils ſe reſſerrent dans l'eſpace *f l*, & forment une pyramide irréguliére, quoique ſymmétrique.

I. *COROLLAIRE.*

Ce que j'ai dit des rayons paralléles qui demeurent tels, après avoir traverſé un milieu denſe renfermé entre deux ſurfaces planes & paralleles entr'elles, peut avoir lieu par les mêmes raiſons, lorſque le milieu

denſe eſt terminé par deux ſurfaces courbes, mais concentriques, comme *H I*, *K L*, *Fig.* 15. pourvu que l'incidence ſoit peu oblique, & que les rayons ſoient près les uns des autres; car alors, comme le rayon refracté *a b* tombe ſur *K L* avec une obliquité très-à-peu-près égale à celle du rayon incident *A a*, l'angle *B b p* de réfraction dans l'air ne différe pas ſenſiblement de celui de la premiére incidence *A a p*; & par conſéquent, *B b* & *A a* ſont paralleles, ou très-peu s'en faut. Il n'en eſt pas de même du rayon *E e*, par rapport à *D d*; parce que l'inclinaiſon de *d e* ſur la ſurface *K L*, étant plus grande que celle de *D d* ſur *H I*, les angles d'incidence & de réfraction dans l'air ne ſont plus dans le rapport d'égalité, comme dans le cas précédent: ce qui fait que le rayon émergent *e E* s'incline à la direction du rayon *D d*. La différence de ces angles devenant d'autant plus grande, que le rayon *a b*, ou *d e*, eſt plus oblique à la ſurface *K L*, on doit concevoir que les deux rayons émergents *b B* & *e E* ne ſont plus paralleles entr'eux, quoique *A a* & *D d* le ſoient.

XVI. LEÇON.

II. COROLLAIRE.

Comme c'eſt le parallélisme des ſurfaces réfringentes *E F*, *G H*, *Fig.* 13. qui fait prendre au rayon émergent *B b*, une direction parallele à celle du premier rayon incident *A C*, cela ne doit point arriver, quand ces ſurfaces ſont inclinées l'une à l'autre, comme dans la *Fig.* 16. les réfractions, tant en *a*, qu'en *b*, ſe faiſant dans le même ſens, à cauſe des inclinaiſons oppoſées des ſurfaces, la direction du rayon émergent eſt *b B*, toujours oblique à l'incidence *A a*, plus ou moins, ſuivant la grandeur des réfractions.

APPLICATIONS.

Le réſultat de la ſeconde Expérience nous apprend pourquoi les verres plans ſemblables à ceux qu'on met aux fenêtres, les glaces dont on fait les miroirs, &c. ne peuvent ſervir à condenſer la lumiére ſolaire qui les traverſe : ces rayons étant comme paralleles entr'eux, ne peuvent jamais être plus inclinés les uns que les autres à un ſeul plan : ainſi les

ſurfaces

ſurfaces réfringentes qui ſont droites, ne changent rien à leur poſition reſpective. Il en eſt de même des eaux dormantes, dont la ſuperficie ſe met de niveau dans toute ſon étendue ; on ne voit jamais que ces maſques liquides, quelque tranſparentes & réfringentes qu'elles ſoient, donnent occaſion à la lumiére parallele de former des foyers dans leur ſein.

Quand les milieux plus denſes que l'air ont des ſurfaces droites, & qu'ils ſont fort minces, leur interpoſition ne cauſe pas de changements ſenſibles dans les images ; au travers des vitres ou d'une glace de carroſſe, on voit à peu-près de la même maniére qu'on verroit à la vue ſimple dans un milieu homogene : mais quand il y a une grande épaiſſeur, l'objet qui n'eſt pas fort éloigné du milieu réfringent, paroît plus près & plus grand ; ſouvent ſa figure change & ſa clarté diminue.

Les rayons divergents qui ſortent d'un verre plat fort épais ou d'un vaſe plein d'eau pour entrer dans l'air, deviennent plus divergents qu'ils ne l'étoient : c'eſt le réſultat

XVI. LEÇON.

de la IVe Expérience. S'ils entrent dans l'œil après une telle émerſion, ils ſemblent venir d'un point moins éloigné que celui d'où ils ſont partis ; l'apparence du point radieux *E*, par exemple, *Fig.* 14, eſt en *e*, & ainſi de tous les autres points viſibles du même corps.

Voilà pourquoi le poiſſon que nous voyons dans l'eau, nous paroît plus élevé vers la ſurface, qu'il ne l'eſt réellement : le chaſſeur qui auroit deſſein de le tuer d'un coup de fuſil, doit avoir égard à cette apparence trompeuſe ; car la charge de plomb ne peut percer qu'une certaine épaiſſeur d'eau, laquelle ſe trouvant plus grande, qu'on ne l'a eſtimée, peut mettre le poiſſon hors d'atteinte.

De même le fond d'un vaſe, d'un baſſin, d'une riviére, ne nous paroît jamais auſſi bas qu'il l'eſt, à cauſe de l'eau qui le couvre ; quand on deſcend dans un bain, on eſt toujours ſurpris de le trouver plus profond qu'on ne s'y attendoit ; & quand on ſe preſſe de prendre quelque choſe dans l'eau, il arrive très-ſouvent qu'on porte la main plus avant qu'on ne

croyoit devoir le faire, & qu'on mouille la manche de ſon habit pour avoir jugé la profondeur plus petite qu'elle n'eſt.

Lorſqu'on regarde à travers une grande épaiſſeur d'eau, ſi les parties de l'objet qui ſemblent s'élever vers la ſurface, ſouffroient toutes un déplacement égal, la figure apparente ſeroit toujours conforme à ce qu'elle repréſente; car dans l'image, comme dans l'objet, la figure dépend de la poſition reſpective des parties, à laquelle un mouvement commun n'apporte pas de changement: mais le déplacement égal n'a pas lieu dans les cas où l'objet eſt d'une grande étendue; car les rayons qui viennent des extrémités les plus éloignées de l'œil, tombant plus obliquement que les autres ſur la ſurface de l'air, ſe réfractent davantage; les faiſceaux ou pyramides de lumiére divergente, ſe dilatent vers l'œil, de maniére que leurs points de réunion, où ſont les apparences, ſe rapprochent davantage de la ſurface réfringente, & dans un rapport trop grand, pour conſerver à l'image totale une conformité

XVI. LEÇON. parfaite avec ſon objet. L'œil placé en *k*, *Fig.* 14. pour voir au fond de l'eau un grand objet droit, ou une ſuite d'objets rangés dans une ligne droite comme *g*, *d*, *c*, *g*, non-ſeulement apperçoit le tout enſemble plus près de lui, mais les extrémités *g*, *g* lui paroiſſent encore plus rapprochées que les autres parties *d*, *c*, ce qui forme une courbure dont la concavité eſt tournée vers le ſpectateur (*a*). C'eſt ainſi qu'un tuyau de plomb couché ſur le fond d'un baſſin ne paroît pas droit quoiqu'il le ſoit, & que le fond du baſſin lui-même ſemble plus creux au milieu que vers les bords, quoiqu'il le ſoit également par-tout.

Les milieux denſes fort épais, quoiqu'avec des ſurfaces planes, nous font voir les objets plus grands qu'ils ne le ſont; le poiſſon paroît plus gros dans l'eau que quand on l'en a tiré;

(*a*) Pour apprendre quelle eſt la nature de cette courbe, & comment elle s'engendre, conſultez un beau & ſavant Mémoire de M. de Mairan, imprimé dans le volume de l'Acad. des Sciences pour l'année 1740. dans lequel vous trouverez pluſieurs remarques très curieuſes.

le gravier, les pierres, les plantes nous trompent de même quand nous les voyons au fond des baſſins, des fontaines, des riviéres, &c. les eſpaces nous paroiſſent auſſi plus étendus, les limites qui les comprennent nous ſemblent laiſſer entr'elles une plus grande diſtance : tout cela vient, de ce que des rayons convergents le deviennent davantage en ſortant de l'eau pour entrer dans l'air. Qu'on imagine pour un moment que *g*, *g*, *Fig.* 14. ſoient les extrémités oppoſées d'un objet que l'on apperçoit au fond de l'eau par les rayons *g h*, *g h*, l'œil placé en *k*, juge de la grandeur de cet objet, par l'angle *G k G*, plus grand que *g k g*; & comme la même choſe arrive pour toutes les dimenſions du corps que l'on voit ainſi, il s'enſuit que tout ce qu'on regarde au travers d'un milieu fort épais & plus denſe que l'air, doit paroître amplifié, comme cela arrive en effet.

Ayant l'œil placé directement au-deſſus d'un vaſe plein d'eau ou de quelqu'autre liqueur limpide, ſi je regarde une piéce de monnoie ou

XVI. Leçon.

quelqu'autre choſe ſemblable, qui ſoit au fond & ſuffiſamment éclairée, je la vois plus grande que dans l'air; mais elle ne me paroît plus hors de ſa place, comme celle dont j'ai fait mention en parlant des effets de la réfraction de la lumiére en général. Je comprends la raiſon de ce dernier effet, en conſidérant que dans le cas dont il s'agit, mon œil apperçoit une partie de la piéce (ſon centre par exemple) par un faiſceau de rayons, dont l'axe ne ſouffre point de réfraction, paſſant perpendiculairement de l'eau dans l'air; cette partie de la piéce ſe voit donc dans ſon vrai lieu ou dans ſa direction naturelle; les autres ſont vues par des rayons obliques, par conſéquent réfractés, qui les écartent en apparence de la premiére qui eſt comme immobile: par-là l'objet paroît amplifié, mais non pas déplacé quant à la direction: la figure même n'en eſt pas ſenſiblement altérée, ſi l'on dirige ſon regard de façon, que le rayon direct vienne du milieu de l'objet qu'on ſe propoſe de voir, à moins que cet objet ne ſoit fort grand.

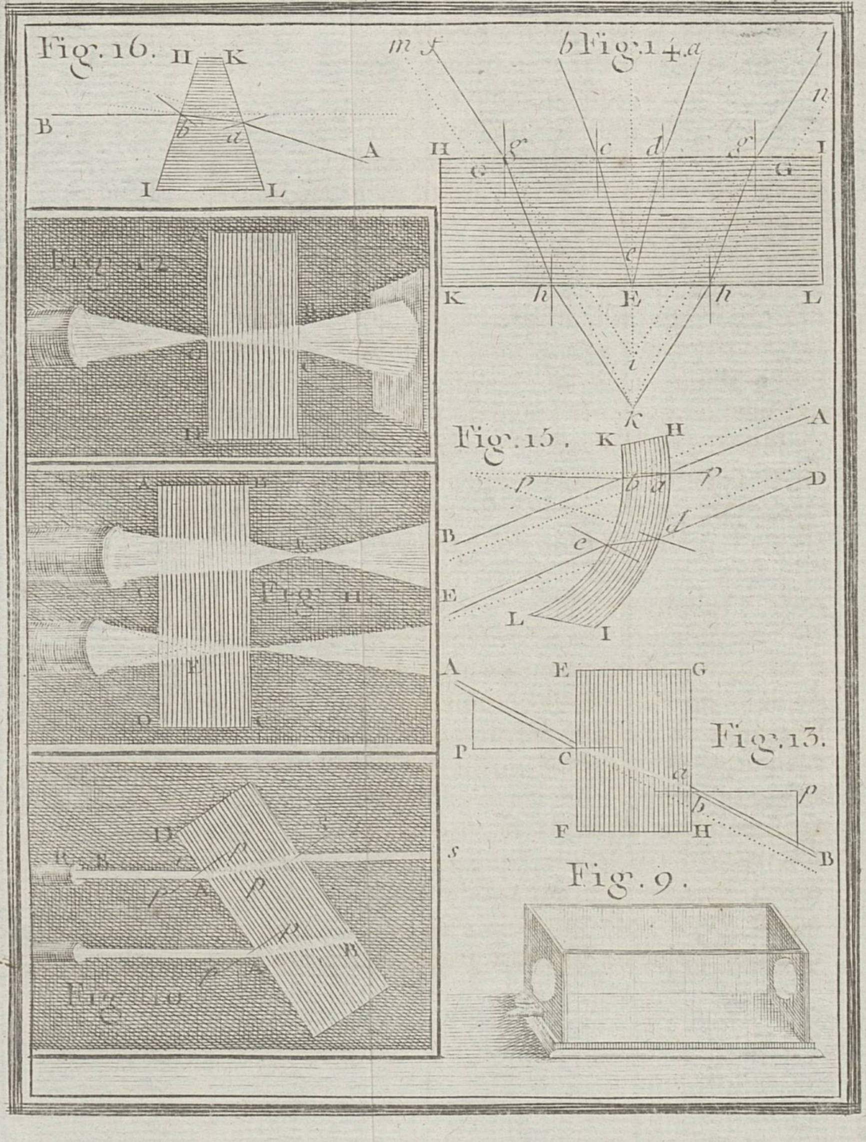


Fig. 16.
H
K
B
b
a
A
I
L
Fig. 14.
m
f
b
a
l
n
H
g
c
d
g
I
G
G
e
K
h
E
h
L
i
k
Fig. 15.
K
H
A
p
b
a
p
D
B
e
d
E
L
I
A
E
G
Fig. 13.
P
C
a
b
p
F
H
B
Fig. 12.
Fig. 11.
Fig. 10.
Fig. 9.

Un morceau de verre épais dont les faces oppoſées, quoique planes, ſont inclinées l'une vers l'autre, fait toujours voir les objets hors de leurs vrais lieux, parce que, de quelque façon qu'on s'y prenne en regardant au travers de ces corps tranſparents, tous les rayons qui vient à l'œil ſans en excepter aucun, ſouffrent au moins une réfraction, ſoit en entrant, ſoit en ſortant; je dis au moins une réfraction, car ſi quelqu'un des rayons incidents eſt oblique à l'une des deux ſurfaces, & qu'après être entré, il ſoit encore oblique à l'autre, il ſera réfracté deux fois, comme on le peut voir par la *Fig.* 16. & s'il eſt perpendiculaire à la premiére, il en ſera plus oblique ſur la ſeconde.

Et ſi ce verre eſt taillé de maniére qu'une de ſes ſurfaces ſoit en partie parallele à l'autre, en partie inclinée, il pourra faire voir l'objet en même temps dans deux lieux différents, comme il arrive quand une glace de carroſſe eſt terminée par un large biſeau, & qu'on dirige ſes regards vers les bords, pour voir les objets extérieurs.

XVI. LEÇON.

C'eſt en conſéquence de cet effet, qu'on travaille exprès des verres à pluſieurs facettes, qu'on nomme *multipliants*, parce qu'en effet ils multiplient l'image d'un objet qu'on regarde au travers de leur épaiſſeur. Après ce que je viens de dire touchant les corps réfringents terminés par des ſurfaces inclinées, l'inſpection ſeule de la *Fig* 17, ſuffit pour faire comprendre la raiſon de cette multiplication d'images. Car on peut remarquer que les quatre faces *ac*, *cd*, *de*, & *e b*, étant toutes inclinées à la grande face *a b*, font converger chacune ſéparément vers le même œil *E*, des rayons qui partent des extrémités oppoſées de l'objet *F*. D'où il arrive que ceux qui tombent ſur *a c*, après les deux réfractions, produiſent une image en *G*; ceux qui tombent ſur la facette *c d*, une autre image en *H*; & enfin ceux qui paſſent par *d e* & par *e b*, repréſentent le même objet ſéparément en *I* & en *K* : ce qui fait autant d'images que de facettes.

On voit diſtinctement & complétement l'image par toutes les facet-

tes, lorſque chacune d'elles reçoit des rayons de toutes les extrémités oppoſées de l'objet, qu'après les réfractions, ces rayons ſont convergents vers un même endroit, & que les faiſceaux qui appartiennent à chaque point viſible, ont conſervé ou repris un peu de divergence; la premiére & la ſeconde de ces conditions venant à manquer, chaque facette ne fait voir qu'une partie de l'objet; ſans la troiſiéme on ne voit rien que très-confuſément. Pour éviter ces défauts, on ne doit regarder avec ces ſortes de verres les grands objets que de loin, & de près ſeulement les petits; il faut encore leur donner des faces d'une certaine largeur, leſquelles, par leurs inclinaiſons reſpectives, ne forment pas une trop grande convexité, & enfin ne les approcher pas trop près de l'oeil. On verra mieux comment il faut uſer de ces précautions, & les effets qu'on en peut attendre, quand nous aurons parlé de la viſion à travers les milieux réfringents, terminés par des ſurfaces convexes.

XVI. LEÇON.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons paralleles paſſent d'un milieu rare dans un milieu plus denſe, terminé par une ſurface convexe.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut placer la caiſſe repréſentée par la *Fig.* 9. de façon qu'un jet de lumiére cylindrique & horizontal, tombe directement ſur la ſurface du verre convexe qui eſt cimenté à l'un des petits côtés ; après quoi on la remplit d'eau.

EFFETS.

Auſſi-tôt qu'on a mis l'eau dans la caiſſe, on obſerve que la lumiére eſt convergente & ſe croiſe de tous les côtés ſur l'axe du cylindre, lequel par cet effet, prend la forme d'une pyramide, dont la pointe ſe porte en avant dans la caiſſe, comme on le voit par la *Fig.* 18.

CINQUIEME CAS.

XVI. LEÇON.

Si des rayons convergents qui ſortent d'un milieu rare ſont reçus dans un milieu plus denſe, & terminé par une ſurface convexe.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Tout étant diſpoſé comme dans l'Expérience précédente, il faut faire paſſer par la ſurface convexe de la caiſſe, avant qu'il y ait de l'eau, une pyramide de lumiére, dont le point de convergence ſoit juſtement au centre de cette convexité, marquer cet endroit avec un index qu'on éleve à côté, & remplir ce vaiſſeau avec de l'eau claire.

On répéte enſuite la même épreuve ſucceſſivement avec deux autres pyramides de lumiére, dont l'une ait ſa pointe en-deçà & l'autre au-delà du centre de la convexité : lorſqu'il n'y a point encore d'eau dans la caiſſe, l'on marque à chaque fois où ſe termine la pyramide lumineuſe, & l'on finit par mettre de l'eau, comme dans les autres Expériences.

XVI.
LEÇON.

Effets.

Lorſque les rayons de lumiére convergent naturellement au centre de la convexité de la ſurface réfringente, l'eau qu'on met dans la caiſſe ne change rien à leur direction; la pointe de la pyramide de lumiére demeure conſtamment vis-à-vis de l'index, *A*, *Fig.* 19.

Quand les rayons tendent naturellement à ſe réunir ou à ſe croiſer, plus près de la ſurface réfringente que le centre de ſa courbure, l'eau qu'on met dans la caiſſe fait alonger la pointe de la pyramide lumineuſe *B*, *Fig.* 19.

Et au contraire, on voit cette même pointe s'accourcir, quand on fait la même épreuve avec des rayons qui convergent au-de-là de ce même centre, *C*, *Fig.* 19.

SIXIEME CAS.

Si des rayons de lumiere divergents paſſent d'un milieu rare dans un plus denſe, terminé par une ſurface convexe.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La caiſſe étant toujours tournée du même ſens, & vuide d'eau, il faut y faire entrer par la ſurface convexe, la lumiére qui commence à diverger au bout de quelqu'une des pyramides dont on a fait uſage dans les Expériences précédentes, recevoir cette lumiére ſur un plan élevé verticalement dans la caiſſe à 6 ou 7 pouces de diſtance de la ſurface réfringente, & marquer la grandeur du cercle lumineux qu'elle fait ſur le plan, avant qu'il y ait de l'eau.

EFFETS.

Lorſqu'on a verſé l'eau dans la caiſſe, le cercle lumineux dont je viens de parler, paroît ſenſiblement diminué de grandeur.

Si l'on éloigne de plus en plus la

XVI. LEÇON.

caiſſe du point d'où procédent les rayons divergents, la baſe de la pyramide qu'ils forment, ſe rétrécit peu à peu, le jet de lumiére devient cylindrique; & ſi l'on continue d'éloigner la caiſſe, les rayons commencent à converger en avant. Voyez la *Fig* 20.

Il réſulte de ces trois derniéres Expériences, 1°. Que les rayons de lumiere en paſſant d'un milieu rare dans un milieu plus denſe, terminé par une ſurface convexe, deviennent convergents, s'ils étoient paralleles.

2°. Que s'ils ſont convergents au centre de la ſphéricité du milieu réfringent, ils ne ſe réfractent point.

3o. Que leur convergence diminue, s'ils tendent à ſe réunir plus près que le centre de la ſphéricité, & qu'elle augmente au contraire, ſi leur point de réunion naturelle eſt au-delà de ce même centre.

4°. Enfin que les rayons divergents perdent pour le moins une partie de leur divergence, ce qui peut aller juſqu'à les rendre paralleles & même convergents.

OBSERVATION.

Dans toutes ces Expériences où la lumiére prend la forme d'une pyramide, en paſſant par des ſurfaces réfringentes dont la courbure eſt ſphérique, on peut obſerver que l'endroit où les rayons ſe réuniſſent & ſe croiſent, n'eſt pas préciſément un point, mais un petit eſpace circulaire qu'on diſtingue très-bien, en y préſentant un carton blanc, & qui eſt d'autant moins rétréci, que la ſurface ſphérique qui reçoit les rayons incidents, eſt plus large.

EXPLICATION.

La poſition reſpective des rayons réfractés dépend de la déviation particuliére que chacun d'eux a ſoufferte; & cette déviation dans un milieu déterminé, eſt proportionnelle au degré d'obliquité des incidences: or cette obliquité peut varier, ou parce que les rayons tombent avec différentes directions ſur une ſurface droite, ou parce que les parties de la ſurface réfringente ne ſont pas dans un même plan. C'eſt ce dernier

XVI. LEÇON.

cas qui a lieu dans la Ve Expérience. Les rayons de lumiére ſont tous dirigés les uns comme les autres, puiſqu'ils ſont paralleles entr'eux ; mais les parties de la ſurface convexe qui les reçoit, doivent être conſidérées comme autant de plans infiniment petits & inſenſiblement inclinés les uns aux autres. Dans un faiſceau de rayons paralleles, qui ſe préſente directement à la ſurface convexe, il y en a un qui tombe perpendiculairement ſur une de ces facettes & qui ſuit l'axe *A B* de la convexité, *Fig.* 21. ſans ſouffrir aucune réfraction ; mais c'eſt le ſeul à qui cela arrive : tous les autres ſont néceſſairement inclinés aux parties circonvoiſines, parce que celles-ci le ſont à celle du milieu, & que les rayons ne le ſont point entr'eux.

Les rayons les plus près de l'axe, comme *d e*, ne ſont preſque point obliques à la ſurface réfringente, auſſi leur réfraction n'eſt-elle pas fort grande ; mais quelque petite qu'elle ſoit, ou par ce peu d'obliquité, ou par la nature du milieu réfringent, il faut toujours que de part & d'au-

tre

tre ils aillent ſe croiſer en quelqu'endroit ſur l'axe *A B*. Ce ſera plus près ou plus loin, ſuivant le pouvoir réfractif du milieu, & la courbure plus ou moins grande de la ſurface (*a*).

Si les rayons qui ſont un peu plus loin comme *f g*, ne ſe réfractoient que de la même quantité, ils deviendroient paralleles à *e D*, & ſe croiſeroient plus loin ſur le même axe, ce qui rendroit la pointe de la pyramide fort groſſe & mal terminée; mais comme la ſurface eſt plus inclinée au rayon incident en *g* qu'en *e*, la réfraction eſt plus forte, & dans une telle proportion, que ces derniers rayons réfractés viennent ſe réunir preſqu'au même point avec les précédents *e D*.

Je dis preſque au même point, parce que cela n'eſt pas, à parler exactement; les inclinaiſons ſucceſſives que donne la courbure circulaire ou

(*a*) *E D*, *Fig.* 21, diſtance du foyer des rayons paralleles, pris auprès de l'axe, eſt à *C D*, diſtance de ce foyer au centre de la ſphéricité, comme le ſinus d'incidence eſt au ſinus de réfraction, c'eſt-à dire, dans le rapport de 4 à 3; ou à peu près, ſi le milieu réfringent eſt de l'eau, ou de 3 à 2, ſi c'eſt du verre.

XVI. LEÇON.

ſphérique, n'ont point entr'elles le rapport qu'il faudroit, pour faire converger au même point les rayons qui ſont paralleles dans leur incidence; on s'en apperçoit ſenſiblement, quand on ſuit la marche d'un rayon fort écarté de l'axe, comme *h i*, en l'aſſujettiſſant aux loix de la réfraction; on trouve que l'inclinaiſon de la ſurface eſt un peu trop grande en *i*, ce qui fait prendre au rayon réfracté plus de convergence qu'il ne lui en faut, pour ſe réunir au même endroit que les autres. Voilà pourquoi toutes les pyramides de lumiére que l'on forme par le moyen des ſurfaces ſphériques réfringentes ou réfléchiſſantes, (quand elles ſont fort larges) ne finiſſent jamais par une pointe bien aiguë, & que ces foyers ſont toujours un cercle d'une certaine étendue. Auſſi les Opticiens qui traitent ces matiéres avec l'exactitude géométrique, ont ſoin de reſtreindre leur théorie à des portions de lumiére qui n'occupent qu'une petite partie de ces ſortes de ſurfaces.

Dans la VIe Expérience, la pyra-

mide de lumiére ne reçoit aucun changement en paſſant de l'air dans l'eau, lorſque la convergence naturelle de ſes rayons eſt au centre de la convexité du milieu réfringent; parce qu'alors la lumiére n'eſt pas dans le cas de ſouffrir réfraction, tous les rayons incidents étant comme *Ab*, *dh*, *ef*, *Fig.* 22. perpendiculaires à toutes les parties de la courbe *fbh*.

Mais quand les rayons de la pyramide ont leur point de convergence naturelle plus près de la ſurface réfringente, que le centre *C*, comme *ik*, ou plus loin, comme *gl*, alors leur incidence eſt oblique: dans le premier cas la pyramide s'alonge; parce que les rayons réfractés s'approchent de la ligne qui eſt, comme *Cd*, perpendiculaire au point d'incidence; & dans le ſecond cas elle s'accourcit, par la même raiſon.

Le cercle lumineux de la VIIe Expérience diminue de grandeur, quand on met de l'eau dans la caiſſe, parce que les rayons qui forment la pyramide dont il eſt la baſe, ſe rapprochent les uns des autres ou de l'axe

XVI. Leçon.

A B, *Fig.* 23. en ſe réfractant vers des lignes ſemblables à *C c*, perpendiculaires aux points d'incidence ; & cet effet doit augmenter, à meſure que les rayons incidents deviennent moins divergents, comme il arrive, lorſqu'on éloigne la ſurface *l b m*, du point d'où les rayons commencent à diverger : voilà pourquoi, lorſque l'on continue d'éloigner la caiſſe, les rayons réfractés paſſent d'une moindre divergence au paralléliſme, & de-là à la convergence.

Pour ſavoir ce que deviendroient des rayons de lumiére, tels qu'ils ont été employés dans les trois derniéres Expériences, s'ils paſſoient d'une maſſe d'eau terminée par une ſurface convexe, dans une maſſe d'air contiguë, il n'y a qu'à prendre pour rayons incidents, *Fig.* 21, 22 & 23, ceux que nous avons conſidérés comme rayons réfractés, on verra, par exemple, que des rayons qui ſeroient paralleles dans le milieu le plus denſe, deviendroient convergents, en entrant dans le plus rare, que ceux qui ſeroient convergents le deviendroient davantage, &c.

XVI. LEÇON.

APPLICATIONS.

Certains Artiſtes qui ont beſoin d'une forte lumiére, & qui travaillent long-tems de ſuite ſur de petites piéces, tels que ſont les Graveurs & Ciſeleurs en bijouterie, les Méteurs en œuvre, les Horlogers, &c. s'éclairent aſſez communément le ſoir, avec une lampe dont ils font paſſer la lumiére au travers d'une bouteille de verre mince & ronde, qu'on nomme *bocal*, & qu'ils empliſſent d'eau bien claire, *Fig.* 24. la flamme d'une chandelle, ou d'une lampe, étant placée près de ce vaiſſeau, jette ſur une grande partie de ſa ſurface ſphérique des rayons divergents qui le deviennent beaucoup moins, comme ceux de la VIIe Expérience; & par la même cauſe, cette lumiére perd enſuite le reſte de ſa divergence, en paſſant de l'eau dans l'air, parce que de part & d'autre, elle ſe réfracte, en s'éloignant des lignes *p c*, *p c*, ce qui reſſerre les rayons dans un plus petit eſpace, juſqu'à les rendre paralleles ou convergents.

XVI. LEÇON.

Les corps ſolides qui ſont plongés dans des vaiſſeaux de verre remplis d'eau, ou de quelque autre liqueur transparente, nous paroiſſent pour l'ordinaire ſous des figures difformes, quand nous les regardons à travers les parois de ces vaiſſeaux, (qui ſont le plus ſouvent courbes dans un ſens, & droits dans l'autre) parce que certaines dimenſions ſe reſſentent plus que d'autres des effets de la réfraction. Soit, par exemple, un vaſe cylindrique, *Fig.* 25. rempli d'eau, dans le milieu duquel on ait ſuſpendu une boule parfaitement ronde, dont le diamétre vertical ſoit *A B*; l'œil recevant l'image de cette ligne par des rayons réfractés dans un même plan *b c*, la verra à peu de choſe près dans ſa grandeur naturelle; au lieu que le diamétre *A B*, *Fig.* 26. s'il eſt horizontal, ſera apperçu ſous l'angle *A f B*, qui eſt plus grand que dans la Figure précédente, à cauſe des réfractions qui ſont plus fortes en *d* & en *c*, qu'elles ne le ſont en *b* & en *c*: ainſi la boule paroîtra fort ovale à quiconque placera l'œil, comme il l'eſt dans ces deux figures.

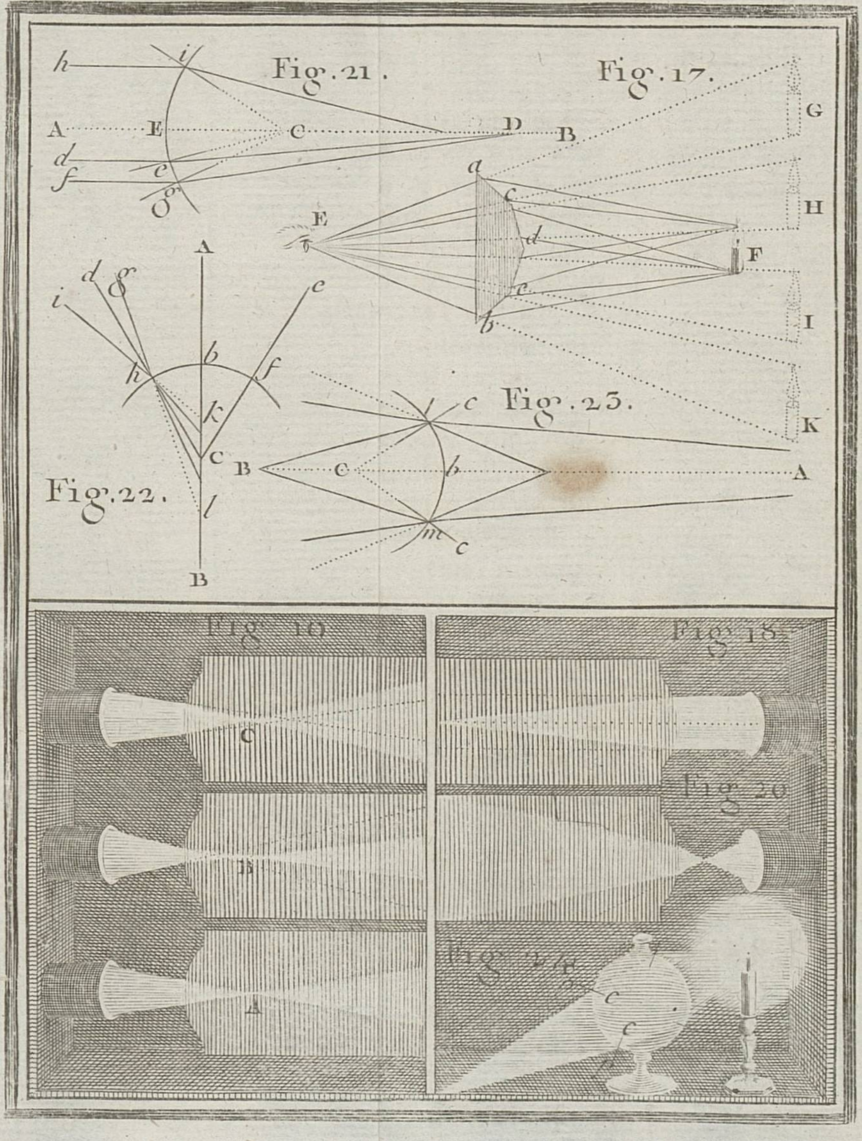


Fig. 21.
Fig. 17.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig 18
Fig 20

Les bocaux, dont j'ai parlé ci-deſſus, les boules de luſtre qui ſont creuſes & remplies d'eau, ou qui ſont maſſives de verre, en général, tous les corps tranſparents & arrondis en forme de ſphéres, ou à peu près, ſont capables de raſſembler les rayons ſolaires qui ſont preſque paralleles, & d'en former des foyers, où s'allument des matiéres combuſtibles; mais ce ſeroit s'abuſer, que de croire, comme je l'ai oui dire quelquefois, que de tels corps ſuſpendus & iſolés au milieu d'un appartement, ont mis le feu aux meubles ou aux lambris : on ne doit point craindre de pareils accidents, quand on ſaura que le foyer des rayons paralleles qu'ils réfractent, ne s'étend que très-peu au-delà de leur ſphére, à une diſtance qui égale le quart, ou tout au plus, la moitié de leur diamétre (*a*), outre que ces foyers ſont très-foibles, à cauſe du grand déchet que la lumiére ſouffre en traverſant une ſi grande épaiſſeur.

Les Opticiens attentifs à ce der-

(*a*) Cela varie ſuivant la denſité, ou le pouvoir réfractif de ces corps.

XVI. LEÇON

nier effet, ont imaginé un moyen de rendre ces corps réfringents plus minces, ſans préjudice à la propriété qu'ils ont de condenſer la lumiére, ou de former des foyers. Ils ont conſidéré, 1°. que quand les rayons incidents les plus écartés de l'axe *A F*, *Fig.* 27. rencontrent la ſurface du verre avec un certain degré d'obliquité, comme de 47 à 48 degrés, au lieu de pénétrer dans ſon épaiſſeur, & de s'y réfracter, ils ne faiſoient plus que gliſſer, pour ainſi dire, deſſus, & ſe réfléchir, comme on le voit au point *i*; 2°. que quand un rayon, comme *d e*, entre dans le verre, & s'y réfracte, il continue de ſe mouvoir en ligne droite juſquen *g*, que le trajet ſoit grand ou petit; parce que la lumiére ne ſe détourne point dans un milieu homogêne. De ces deux conſidérations ils ont conclu très-judicieuſement, qu'on pouvoit ſupprimer toute l'épaiſſeur *c i k l*, comme nuiſible au paſſage de la lumiére, & comme inutile à la réunion des rayons. Ils ont donc rapproché l'un de l'autre les deux ſegments *c h i*, *k m l*, pour en faire un ſeul corps d'une

d'une forme lenticulaire *c h i n*, par le moyen duquel les rayons paralleles à l'axe, comme *o p*, ſe réuniſſent, non pas auſſi près, mais en plus grand nombre, que s'ils avoient eu à traverſer la ſphére entiére.

XVI. Leçon.

En taillant ainſi les verres en forme de lentilles, on en diminue beaucoup l'épaiſſeur ; il y en auroit encore trop cependant, ſi l'on vouloit laiſſer aux ſegments des ſphéres qui les forment, l'étendue qu'ils devroient avoir pour comprendre tous les rayons ſolaires qu'ils pourroient réfracter ; le diamétre *c i* d'une lentille étant la corde d'un arc *c h i* de deux fois 47 ou 48 degrés, l'épaiſſeur *h n* ſeroit environ le tiers du diamétre de ſa ſphére : ce qui ſeroit impraticable dans les grands verres, par la difficulté de les fondre, par le poids énorme qu'ils auroient, &c. & d'un mauvais uſage même dans les petits ; parce qu'on perdroit plus de lumiére par la grande épaiſſeur, qu'on n'en gagneroit par l'étendue des ſurfaces. On ſe contente donc de ſegments beaucoup plus petits, comme *q h r*, par exemple ; & alors avec une moin-

XVI. Leçon. dre quantité de rayons incidents, & une plus grande tranſparence, on parvient à peu près aux mêmes effets.

J'ai déja remarqué que les ſurfaces ſphériques ne ſont pas les plus propres à faire converger les rayons dans le plus petit eſpace poſſible : on ſait bien celles qui devroient leur être préférées pour cet effet ; mais on a trouvé trop de difficulté à travailler le verre ſous la forme qu'il faudroit lui donner ; d'ailleurs, quand cela ſe pourroit, on ne parviendroit jamais à rendre tous les rayons de la lumiére convergents vers un ſeul point ; parce que, comme on le verra par la ſuite, ils ne ſe rompent pas tous également dans le même milieu.

En traitant du feu dans la 13ᵉ Leçon*, j'ai fait voir qu'il eſt poſſible de raſſembler dans un petit eſpace une grande quantité de jets de lumiére, par des miroirs plans arrangés dans un chaſſis, & inclinés de maniere qu'ils réfléchiſſent tous les rayons vers le même lieu. On aura, ſi l'on veut, un effet à peu près

* Tom. IV. pag. 330.

ſemblable par réfraction ; car puiſqu'un rayon ſolaire, en traverſant un morceau de verre dont les deux ſurfaces ſont planes & inclinées l'une à l'autre, ſe plie néceſſairement vers le bord le plus épais, en oppoſant de pareils verres les uns aux autres dans un même bâti, on ménageroit l'inclinaiſon des rayons réfractés, de maniére qu'ils tomberoient ſur un même endroit à quelque diſtance de la machine : on en voit un exemple en petit dans les verres à facettes, dont j'ai fait mention ci-deſſus. Car, en les expoſant au ſoleil, on peut remarquer que tous les jets de lumiére qui paſſent par les petites faces inclinées à la grande, vont ſe réunir & ſe croiſer dans un foyer commun : ſi toutes ces parties du verre étoient plus grandes, ſéparées les unes des autres, & arrangées dans un cadre, comme elles le ſont dans le même morceau, par la façon dont il eſt taillé, il n'eſt pas douteux que pareil effet n'arrivât.

XVI. Leçon.

Quand on veut accourcir & rétrécir le foyer d'un grand verre convexe, on fait paſſer la pyramide de

XVI. LEÇON.

lumiére qui en ſort, par l'épaiſſeur d'une autre lentille plus convexe ; & alors conformément au réſultat de la VIe Expérience, les rayons qui tombent ſur ce dernier verre avec un degré de convergence, qui les fait tendre au-delà du centre de ſa ſphéricité, ne manquent pas de s'incliner davantage à l'axe, tant en entrant qu'en ſortant ; ce qui les réunit plutôt, & dans un plus petit eſpace : c'étoit ainſi que M. Tſchirnauſen en uſoit pour augmenter l'activité des rayons ſolaires au foyer de ces grands verres, dont j'ai fait mention en parlant des différents moyens d'exciter le feu. * Mais je ne ſai s'il y a tant à compter ſur ce moyen ; la ſeconde lentille intercepte beaucoup de rayons ; & les foyers les plus rétrécis, quand il n'y a qu'une ſi petite différence, n'en ſont peut-être pas plus efficaces pour les effets qu'on cherche à produire.

*Tom. IV. XIII Leçon, p. 335.

L'effet le plus remarquable des lentilles, ou des loupes de verre, celui dont on fait le plus d'uſage, c'eſt de nous faire voir les objets plus grands qu'ils ne nous le paroiſ-

ſent à la vue ſimple. Cela vient de ce que les rayons qui partent des parties oppoſées *A a*, *b b*, *c c*, *Fig.* 28. convergents comme *A d*, *a e*, paralleles comme *b d*, *b e*, ou divergents comme *c d*, *c e*, aprés avoir ſouffert les deux réfractions, ſe réuniſſent de l'autre côté du verre, les uns plus près, les autres plus loin; mais toujours en formant des angles plus grands, que n'en formeroient aux mêmes diſtances les rayons qui viendroient en droites lignes des mêmes endroits de l'objet : car par exemple, à la vue ſimple, l'œil placé en *h* verroit l'objet ſous l'angle *A h a*; par le moyen du verre, il l'apperçoit ſous l'angle *d h e*, qui eſt plus ouvert.

XVI. Leçon.

Ce ſeroit encore la même choſe, ſi l'on ſuppoſoit l'œil placé en *f*, ou en g; mais comme le premier de ces deux points eſt celui où ſe réuniſſent les rayons paralleles, & qu'il n'en peut venir de tels des eſpaces compris entre *a b* & *A b*, l'objet ne peut y être vu tout entier, s'il eſt de la grandeur qu'on le ſuppoſe ici, par rapport au diamétre de la lentille; & l'on en verra encore moins du point g,

XVI. Leçon.

où il ne peut arriver que des rayons qui auroient été divergents dans leur incidence, comme *c d*, *c e*.

Si vous voyez l'objet au-delà du point *F*, *Fig.* 29. qui eſt le foyer des rayons paralleles, quand la lumiére vient de l'autre côté du verre, vous ne le voyez plus que confuſément; parce que les faiſceaux des rayons divergents *l m*, qui procédent de chaque point de ſa ſurface, après les deux réfractions, deviennent, ou paralleles, ou convergents, comme on l'a vu par la VIIe Expérience; & j'ai déja dit pluſieurs fois, que quand ils entrent ainſi dans un œil bien conſtitué, la viſion n'eſt pas diſtincte; il faut qu'en ſortant du verre, ils ayent encore un peu de divergence, & par conſéquent, un point de concours, comme *n o*, *p q*.

Ce n'eſt pas qu'on ne puiſſe voir diſtinctement l'image d'un objet, quand le verre a rendu ces faiſceaux de rayons convergents entr'eux; mais alors cette image eſt entre le verre & l'œil, & elle eſt renverſée. Cela arrive, lorſque par la diſtance de l'objet au verre, & du verre à l'œil, les

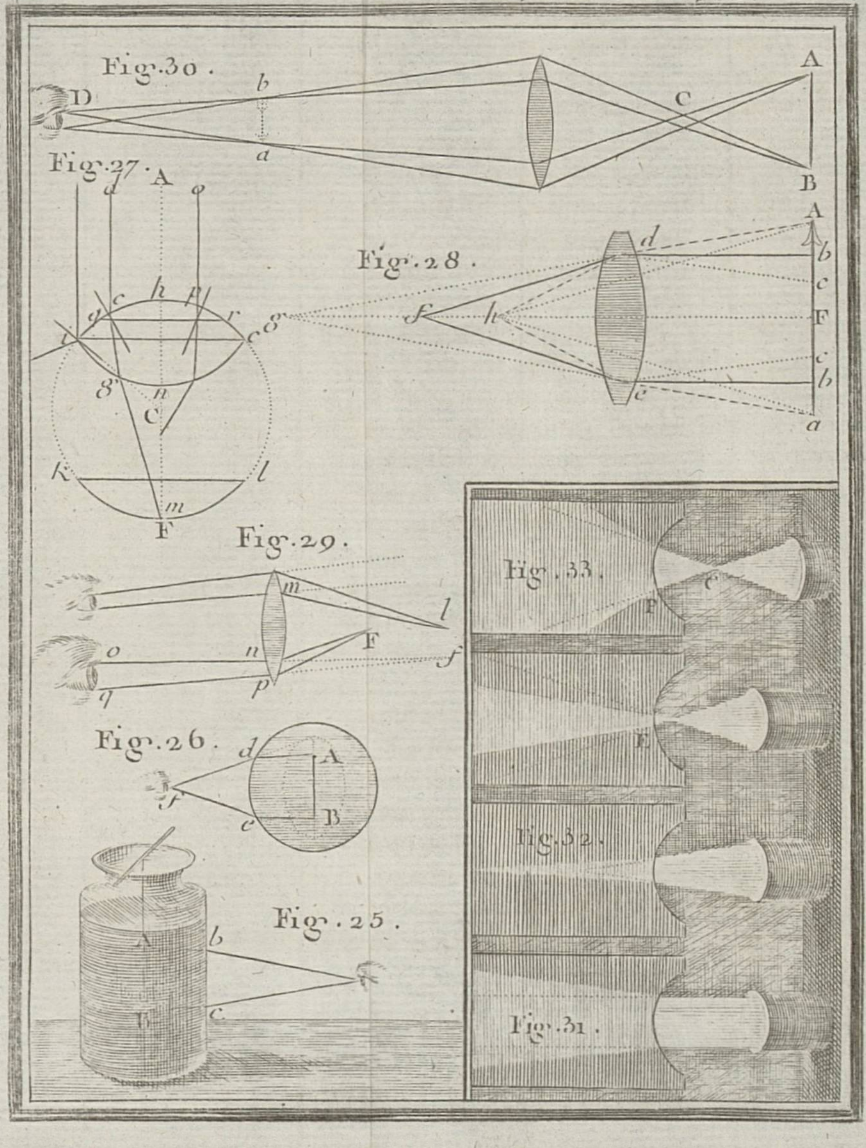


Fig. 30.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 26.
Fig. 25.
Fig. 33.
Fig. 32.
Fig. 31.

faiſceaux qui doivent ſe réunir en quelque endroit après les réfractions, ſe croiſent avant que d'entrer dans la lentille, comme on le voit en *C*, *Fig.* 30. & que les rayons qui compoſent chacun d'eux, étant devenus convergents, ſe croiſent auſſi à une certaine diſtance, avant que de rencontrer l'œil, comme en *a* & en *b*. A ces derniers points de réunion, ou de croiſement, il ſe forme une image de l'objet que l'on peut recevoir ſur un carton blanc, ou voir immédiatement, en plaçant l'œil en *D*, c'eſt-à-dire à telle diſtance, où les rayons de chaque faiſceau, ayent repris un degré de divergence à peu près ſemblable à celui qu'ils auroient, ſi l'on appercevoit l'objet à la vue ſimple. L'image *a b* eſt renverſée, parce qu'elle eſt formée par des faiſceaux qui ſe ſont croiſés en *C* : ce qui fait que la partie *A* la plus élevée de l'objet eſt repréſentée en bas.

Quand l'image eſt du côté de l'objet, elle eſt plus loin que lui ; car chaque point de ſa ſurface étant vu par des rayons qui deviennent moins divergents, comme *n o*, *p q*, *Fig.* 29.

XVI. LEÇON.

leur point de concours *f*, où nous le rapportons, eſt plus éloigné que celui d'où ces rayons ſont partis; mais comme ces ſortes de verres amplifient les images en même tems qu'ils les éloignent, nous avons peine à ſentir ce dernier effet; parce que nous ſommes naturellement portés à croire, qu'un objet connu eſt plus près de nous, quand nous le voyons plus grand. Pour vaincre ce préjugé, il faut regarder un corps qui ſoit long & menu, de maniére qu'on en voye une partie à travers la lentille, & l'autre à la vue ſimple; on reconnoîtra que la derniére eſt plus près de l'œil, que l'image de la premiére.

Les verres convexes font entrer dans l'œil des rayons qui n'y entreroient pas, ſi l'on voyoit l'objet ſans eux: c'eſt une conſéquence néceſſaire, de ce qu'ils rendent la lumiére moins divergente; les rayons réfractés étant plus reſſerrés entr'eux, la prunelle doit en embraſſer qui lui auroient échappé. A cet égard on a raiſon de dire que les loupes, ou lentilles de verre, nous font voir avec plus de clarté; mais il faut conſi-

dérer auſſi que tous les rayons qui tombent ſur leur ſurface, ne parviennent point à l'œil; il y en a beaucoup qui ſont réfléchis vers l'objet, & l'épaiſſeur du verre en abſorbe encore une quantité, ſans compter ce qui s'en détourne au paſſage du verre dans l'air; de ſorte que, tout compté, il y a bien des cas où l'on trouveroit à peine ces pertes compenſées, par la quantité de lumiére que la réfraction amene à l'œil.

Ce que l'on regarde à travers une lentille, paroît ſouvent ſous une figure difforme, parce que les effets de la réfraction ne ſont pas égaux, pour tous les faiſceaux de lumiére qui viennent des différentes parties de l'objet à l'œil: c'eſt ce qui arrive principalement, quand cet objet eſt grand, & que le verre a beaucoup de convexité; car alors il eſt très-rare que tous les points de la ſurface réfringente ſe trouvent également éloignés de ceux d'où procédent les rayons, ce qui fait que l'œil rapporte ceux-ci à des diſtances qui n'ont point entr'elles la même proportion qu'elles ont dans l'objet,

XVI. Leçon.

parce que la divergence des rayons, qui lui en tracent les images, eſt diminuée pour les uns plus que pour les autres. La même cauſe qui altére la figure, peut faire auſſi que certaines parties ſe voyent très-confuſément, tandis que d'autres ſe repréſentent d'une maniére très-diſtincte; c'eſt ſurtout aux extrémités de l'image que cela s'apperçoit, quand les verres ſont d'un foyer court. En pareil cas, on doit encore conſidérer, que les réfractions qui ſe font vers les bords de la lentille, ne concourent pas réguliérement avec celles du milieu, ou qui avoiſinent l'axe, comme je l'ai déja remarqué ci-deſſus.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles de lumiére paſſent d'un milieu rare dans un milieu denſe, terminé par une ſurface concave.

VIII. EXPERIENCE.

Preparation.

Dans cette Expérience, comme dans les deux ſuivantes, on ſe ſert encore de la caiſſe qui eſt repréſentée

par la *Figure* 9. mais au lieu de faire tomber le jet cylindrique de lumiére ſur le verre convexe qui termine un des petits côtés, on le dirige dans la concavité de celui qui eſt à l'autre bout ; de maniére qu'il marque ſur un plan vertical élevé dans la caiſſe, un cercle lumineux dont on meſure le diamétre : après quoi on met de l'eau à l'ordinaire.

Effets.

Auſſi-tôt qu'on a verſé l'eau dans la caiſſe, on obſerve que le jet de lumiére s'eſt élargi, à compter depuis ſon entrée dans l'eau, & que le cercle lumineux qu'il marque ſur le plan vertical, devient plus grand à meſure qu'on éloigne ce plan de la ſurface réfringente. Voyez la *Fig.* 31.

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents paſſent d'un milieu rare dans un milieu denſe, qui ſoit terminé par une ſurface concave.

IX. EXPERIENCE.

Preparation.

Après avoir ſeulement ôté l'eau de

XVI. LEÇON.

la caiſſe, il faut y introduire par le même endroit que ci-deſſus, & ſucceſſivement, pluſieurs jets de lumiére, tantôt plus, tantôt moins convergente, ſemblables à ceux de la VIe Expérience, marquer les diſtances où ſe terminent les pointes de ces pyramides, & verſer de l'eau dans la caiſſe.

Effets.

Quelque grande que ſoit la convergence de la lumiére qui entre dans la caiſſe, auſſi-tôt qu'on y a mis de l'eau, la pyramide ne manque pas de s'alonger ſenſiblement ; & l'on peut obſerver qu'elle prend une forme irréguliére, étant plus menue à ſon entrée dans l'eau, qu'elle ne le ſeroit, ſi les lignes étoient bien droites de ſa baſe à ſa pointe. *Fig.* 32. Si l'on fait la même épreuve avec des rayons d'une moindre convergence, on les voit s'écarter les uns des autres de plus en plus juſqu'au paralléliſme, & même juſqu'à la divergence.

NEUVIEME CAS.

XVI. LEÇON.

Si des rayons divergents ſortent d'un milieu rare pour entrer dans un milieu plus denſe, qui ſoit terminé par une ſurface concave.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Tout étant diſpoſé comme dans la derniére Expérience, éloignez la caiſſe juſqu'à ce que la pointe de la pyramide lumineuſe où les rayons ſe croiſent, & commencent à diverger, ſe trouve préciſément au centre de la concavité du verre : recevez la baſe de cette pyramide de lumiére ſur un plan élevé verticalement à 7 ou 8 pouces de diſtance dans la caiſſe ; meſurez-en le diamétre, & mettez de l'eau dans la caiſſe.

Réitérez l'Expérience, après avoir avancé la caiſſe plus près du point *C*, & enſuite après l'avoir éloignée de ce même point, plus qu'elle ne l'étoit dans la premiére épreuve.

EFFETS.

Dans le premier cas, la caiſſe étant

XVI. LEÇON.

remplie d'eau, le cercle lumineux ne change point de grandeur, ni la pyramide de forme.

Dans le ſecond, la baſe de la pyramide devient moins large dans l'eau, qu'elle ne l'étoit dans l'air.

Dans le troiſiéme, elle s'élargit davantage ; & dans l'un & dans l'autre de ces deux derniers, cette pyramide ſe défigure un peu, comme on le peut voir par la *Fig.* 33. en *P* & en *E*.

Il réſulte de ces trois derniéres Expériences, qu'en paſſanr d'un milieu rare dans un milieu denſe terminé par une ſurface concave, 1°. les rayons paralleles deviennent divergents.

2°. Les rayons convergents perdent une partie de leur convergence.

3°. Les rayons divergents qui ont leur pointe de diſperſion au centre de la concavité, ne ſouffrent aucune réfraction ; ceux qui viennent de plus loin que le centre, deviennent plus divergents, & ceux qui divergent de plus près, perdent une partie de leur divergence.

EXPLICATION.

Dans la VIIIe Expérience, les rayons paralleles deviennent divergents en entrant dans l'eau, parce que tombant d'un milieu rare ſur la ſurface d'un milieu denſe, qui ſe préſente obliquement à cauſe de ſa courbure, ils ſe réfractent en s'approchant des lignes *Cf*, *Cg*, *Fig.* 34. qui ſont les perpendiculaires à la ſurface *b h e*; puiſque ce ſont les rayons prolongés de cette concavité; & comme la même choſe ſe paſſe pour tous les rayons de lumiére qui ſont autour de l'axe *C h*, il réſulte de-là une figure conique, dont la baſe eſt plus large que celle du cylindre *a b d e*, que forment les rayons incidents.

Nous voyons par la IXe Expérience, que des rayons convergents, comme *a b*, *d e*, *Fig.* 35. le deviennent moins en paſſant dans l'eau : cet effet eſt une conſéquence néceſſaire, de ce que les rayons réfractés *b i*, *e i*, s'approchent des perpendiculaires *Cf*, *C g*. Et quand les rayons incidents ont moins de tendance à ſe réunir, l'écartement des rayons réfractés doit

XVI. Leçon.

être plus marqué : on comprend aiſément qu'il peut aller juſqu'à les rendre paralleles, ou divergents.

On voit enfin par la Xe Expérience, que des rayons de lumiére qui divergent du centre même de la ſurface concave *b h e*, comme *C f*, *C g*, *Fig.* 36. ne ſe réfractent point en entrant de l'air dans l'eau ; c'eſt qu'ils ne ſont pas dans le cas de la réfraction, leur incidence étant perpendiculaire à tous les points de la concavité dont ils ſuivent les demi-diamétres *C b*, *C e*, &c. Mais quand ils ont leur point de diſperſion plus près, ou plus loin que le centre *C*, comme *k b*, ou *l b*, ils ſe réfractent néceſſairement en s'approchant de la perpendiculaire *b f* : ce qui fait que dans le premier cas, les rayons réfractés deviennent moins divergents que les rayons incidents ; & que dans le ſecond, c'eſt tout le contraire.

Applications.

La nature ne nous offre guéres d'exemples de la lumiére réfractée, en paſſant de l'air dans un milieu plus denſe, terminé par une ou deux ſurfaces

faces concaves. L'eau & les autres liqueurs tranſparentes ont preſque toujours des ſuperficies planes ; & quand elles rempliſſent des vaiſſeau x, ou des baſſins dont les fonds ſont convexes, à moins que ces fonds eux-mêmes ne ſoient minces & tranſparents, pour donner paſſage à des rayons qui viendroient de plus loin, on ne doit pas s'attendre que ces maſſes liquides nous montrent des effets qui ayent rapport à ceux que je viens d'expliquer ; mais l'art produit des corps d'une tranſparence & d'une figure propres à raréfier la lumiére, & qui ont été imaginés dans l'intention de changer en certains cas les directions reſpectives & naturelles de ſes rayons ; tels ſont les verres qui ſont creux par un côté & plans par l'autre, & ceux dont les deux ſurfaces ſont concaves.

Ces ſortes de verres ont trois effets remarquables : ils font voir les objets plus petits qu'ils ne le ſont, plus près qu'on ne les verroit à la vue ſimple, & avec moins de clarté. Pour déduire plus facilement de nos Expériences les explications de ces apparences, nous ſuppoſerons des

XVI. LEÇON.

verres d'une concavité ſphérique; comme ils le ſont preſque toujours; & cette concavité égale de part & d'autre, comme on le voit par la *Fig.* 37. qui repréſente la coupe d'un de ces verres, ſelon l'axe de ſa ſpéricité.

Toute cauſe qui diminue la convergence des rayons de lumiére, qui viennent des extrémités d'un objet à l'œil, diminue néceſſairement la grandeur apparente de cet objet; puiſqu'alors il eſt apperçu ſous un plus petit angle, voilà préciſément ce que fait un verre concave; car ſuivant le réſultat de la IXe Expérience, les rayons *Ad*, *Be*, qui concourent naturellement en *D*, deviennent moins convergents, dans l'épaiſſeur du verre, qu'ils ne l'étoient avant d'y entrer; s'il arrive alors que ces rayons réfractés convergent préciſément au point *F*, qui eſt le centre de l'autre concavité *GIH*, ils ſortent du verre ſans ſouffrir une ſeconde réfraction; mais la grandeur apparente de l'objet eſt toujours diminuée : il eſt apperçu ſous l'angle *a F b*; au lieu que, ſans l'interpoſition du verre, il l'eût été ſous l'augle *A F B*, qui eſt plus grand.

Dans le cas où les rayons réfractés *df*, *eg*, tendroient à ſe joindre plus loin que le point *F*, l'angle viſuel deviendroit encore plus petit : car en ſortant du verre pour rentrer dans l'air, ces rayons ſouffriroient une autre réfraction, qui, en les écartant des perpendiculaires *pp*, *qq*, les rendroit encore moins convergents qu'ils ne l'étoient avant leur ſortie.

Enfin il peut arriver que la premiére réfraction laiſſe encore aux rayons *df*, *eg*, un degré de convergence qui tende à les réunir plus près du verre que le point *F* : ce qui occaſionneroit une ſeconde réfraction en ſens contraire de la premiére ; mais comme l'incidence des rayons *df*, *eg*, ne peut jamais être auſſi oblique ſur la ſurface de l'air *G I H*, que celle des rayons *A d*, *B e*, le doit être ſur la ſurface du verre *C K E*, pour faire naître la circonſtance dont il s'agit, la ſeconde réfraction ſe trouve indiſpenſablement plus foible que la premiére, & incapable, par conſéquent, de la compenſer.

Les verres concaves nous dimi-

XVI. LEÇON. nuent auſſi la diſtance apparente ; parce qu'en traverſant leur épaiſſeur, les rayons divergents qui appartiennent à chaque point viſible de l'objet, s'écartent davantage les uns des autres, comme on l'a vu par le 3e résultat de la Xe Expérience : de cet effet, il réſulte que le point lumineux *A*, *Fig.* 38. eſt rapporté en *a*.

Il eſt vrai que, ſuivant les deux premiers réſultats de la même Expérience, il peut arriver que les rayons qui procédent d'un même point placé à certaines diſtances d'une ſurface concave & réfringente, comme l'eau, le verre, &c. conſervent leur degré de divergence dans le milieu denſe, ou qu'ils en perdent même plutôt que d'en acquérir; mais ces cas n'ont jamais lieu, quand la lumiére traverſe toute l'épaiſſeur d'un verre dont les deux ſurfaces ſont concaves, pour continuer de ſe mouvoir dans l'air. Car ſi le point radieux eſt placé au centre d'une des deux concavités *C E*, *Fig.* 39, & que par cette raiſon, les rayons *A b*, *A c*, paſſent directement juſqu'à l'autre ſurface *G H*, alors leur incidence ſur l'air eſt

oblique, & la réfraction qu'ils ſouffrent indiſpenſablement, les écarte des perpendiculaires *F p*, *F q* : ce qui les fait regarder comme s'ils venoient du point *a*, qui eſt plus près que celui d'où ils ſont émanés.

S'ils viennent de plus près que le point *A*, & que conformément au 2e réſultat, ils perdent, en entrant dans le verre, une partie de leur divergence, l'incidence ſur la derniére ſurface eſt tellement oblique, que la ſeconde réfraction leur en rend plus que la premiére ne leur en fait perdre, comme on le peut voir par la *Fig.* 40. en conſidérant que les rayons émergents *d e*, *f g*, ſemblent venir du point *K*, qui eſt plus près du verre que celui d'où ils ſont partis.

Quand le verre eſt concave d'un côté, & plan de l'autre, il produit encore les mêmes effets par rapport à la viſion, à la différence près du plus au moins; car ſi les rayons convergents le ſont encore après la premiére réfraction, comme *d e*, *Fig.* 41. en paſſant obliquement par la ſurface plane *G H*, ils ſe réfractent une ſeconde fois, en ſens contraire de la

XVI. LEÇON.

premiére, mais plus foiblement, parce que l'incidence en *e* n'eſt pas ſi oblique que celle du rayon *b d*, ſur la ſurface concave *C E*; & par conſéquent, le rayon émergent *e f*, demeure toujours moins convergent à l'axe *A F*, qu'il ne l'étoit avant de rencontrer le verre.

A l'égard des rayons divergents, quand ils partiroient du centre de la concavité, & qu'ils iroient en droite ligne juſqu'à la ſurface plane, comme *A c*, alors ils ne pourroient manquer de ſè réfracter, à cauſe de leur incidence oblique ſur *G H*, & cette réfraction, comme on le peut voir par la Figure, augmenteroit leur divergence.

Enfin ce ſont les mêmes effets, ſoit qu'on préſente à la lumiére la ſurface plane du verre, ou ſa ſurface concave. Si le rayon vient du point *F*, il ſe réfracte deux fois, ſavoir, en *h* & en *g*, & s'écarte de l'axe *A F* de la quantité *A l*. S'il part du point *A*, il ne ſe réfracte qu'une fois en *c*, mais aſſez fortement, pour aller en *i* : cette ſeule réfraction équivaut aux deux autres; & cette com-

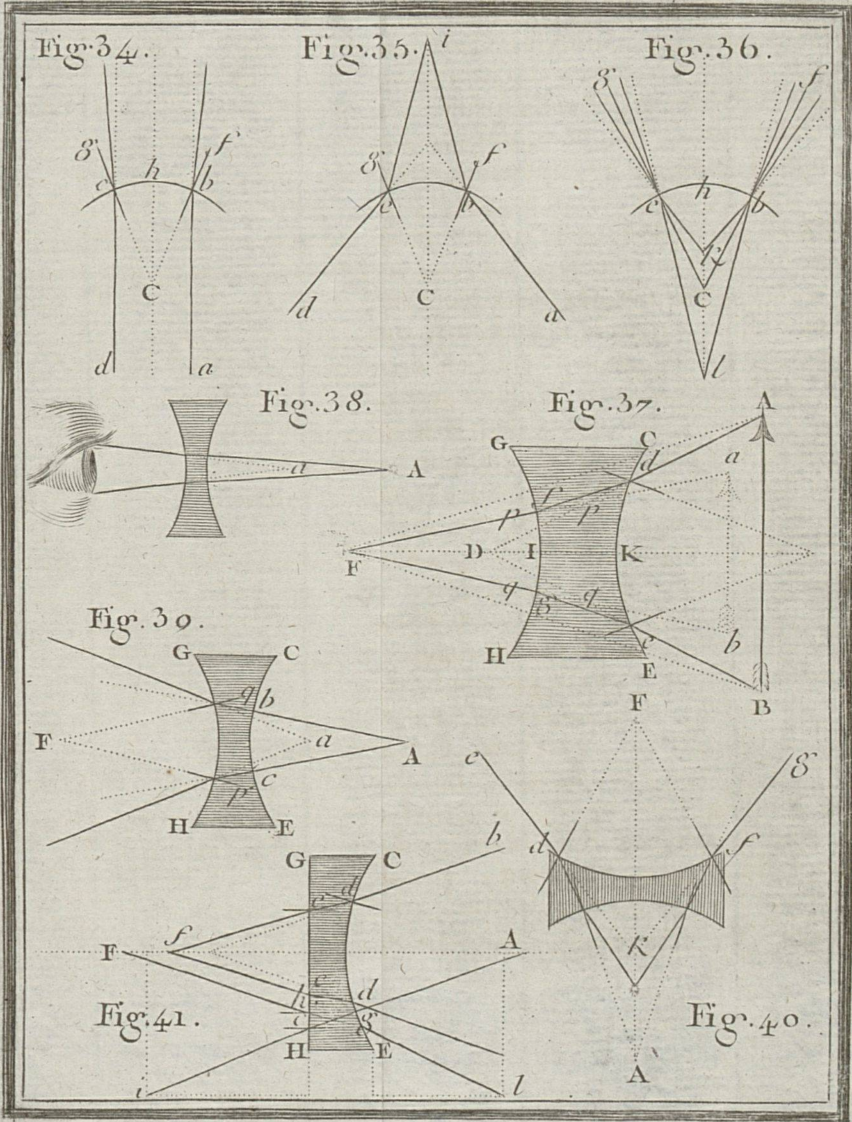


Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 38.
Fig. 37.
Fig. 39.
Fig. 41.
Fig. 40.

penſation ſe trouve encore dans les autres cas, ſoit qu'il y ait deux réfractions contre une, ſoit qu'il y en ait deux de part & d'autre.

XVI. Leçon.

Quant au degré de clarté, il eſt évident que les verres concaves doivent la diminuer un peu ; puiſqu'ils augmentent la divergence de la lumiére, ils empêchent qu'il n'en entre dans la prunelle autant qu'elle en pourroit recevoir de chaque point viſible, ſans leur interpoſition.

XVII. LEÇON.

Suite des Propriétés de la Lumiére.

III. SECTION.

De la lumiére décompoſée, ou de la nature des Couleurs.

XVII. LEÇON.

AVANT Newton, perſonne n'avoit imaginé que la lumiére pût ſe décompoſer, ni que ſes parties ſéparées les unes des autres ſe diſtinguaſſent par des propriétés conſtantes & des effets ſenſibles (*a*). Deſcartes, & ceux qui avoient raiſonné d'après lui ſur la nature de cette matiére, l'avoient conſidérée comme un fluide homogene, mais ſuſceptible

(*a*) Voſſius avoit bien dit que les couleurs étoient toutes contenues dans la lumiére ; mais Newton eſt le premier qui ait développé cette idée, en faiſant voir ſéparément & diſtinctement les différentes parties de la lumiére decompoſée.

de

de certaines modifications, à l'aide deſquelles ils croyoient pouvoir expliquer tout ce qui concerne les couleurs. On ſuppoſoit que les globules alignés qui forment les rayons, outre l'impulſion qu'ils reçoivent du corps lumineux, & qu'ils ſe tranſmettent en droite ligne, tournoient encore ſur leur propre centre; & que de ces deux mouvements combinés & variés à l'infini, par le plus & le moins de vîteſſe & de maſſe, naiſſoient au fond de l'œil toutes ces différentes impreſſions, auxquelles nous avons donné les noms de *rouge*, de *jaune*, de *bleu*, &c. avec toutes les nuances qui leur appartiennent.

XVII. LEÇON.

Il n'y a point d'hypothéſe qui n'ait ſon foible & ſes difficultés : celle-ci en a ſans doute; mais, quoiqu'on ait pu dire contre elle, on doit convenir qu'elle eſt ingénieuſe, ſimple & naturelle. Après avoir adopté même tout ce que Newton a établi par la voie de l'expérience, un Phyſicien peut encore, ſans inconſéquence, retenir ce qu'il y a d'eſſentiel dans cette doctrine : car en reconnoiſſant pluſieurs eſpéces de lumiére, ne peut-

on pas ſuppoſer que ce qui conſtitue leurs différences, eſt une certaine combinaiſon de mouvements, dont tel ou tel ordre de globules eſt ſuſceptible, à raiſon de plus ou moins de maſſe ou de reſſort ? comme il eſt vraiſemblable, que dans le même volume d'air il y a des particules plus groſſiéres & d'une élaſticité moins vive, par leſquelles ſe font entendre les tons graves, & d'autres que des qualités différentes rendent propres à tranſmettre des ſons plus aigus. Newton a voulu s'en tenir à des faits, pour rendre raiſon des couleurs; cela eſt très-ſage : mais ſi l'on veut aller au-delà, & remonter aux cauſes de ces faits par des conjectures, celles de Deſcartes & du P. Malebranche, priſes enſemble, me paroiſſent plauſibles à bien des égards : elles ont paru telles à Newton même (*a*). Je les indique au Lecteur qui ſera curieux de s'en inſtruire; mais l'expérience ne nous fourniſſant rien qui établiſſe ſolidement ces opinions, je m'arrête avec le Philoſo-

(*a*) Voyez la treiziéme des queſtions qui ſont à la fin de l'Optique de Newton.

phe Anglois aux effets ſenſibles, qui peuvent ſervir à expliquer les phénoménes de la viſion qui ont rapport aux couleurs.

XVII. LEÇON.

Nous diſtinguons les objets viſibles, non ſeulement par leurs grandeurs, leurs figures, leurs ſituations, leurs diſtances, leurs degrés de clarté, mais encore par une ſorte d'illumination, qui fait que chacun d'eux brille à nos yeux d'une façon particuliére, & qui ne dépend pas de la quantité de lumiére qui l'éclaire : c'eſt ce dernier moyen de viſibilité, que la nature varie avec une magnificence ſans égale, & dont elle embellit toutes ſes productions; c'eſt, dis-je, cette apparence particuliére des ſurfaces, que nous nommons *couleur* en général, & dont nous exprimons les eſpéces par les noms de *blanc*, de *rouge*, de *jaune*, de *bleu*, &c.

On eſt naturellement porté à croire que les couleurs & leurs nuances appartiennent aux corps qui nous les font ſentir; que le blanc réſide dans la neige, le rouge dans l'étoffe teinte en écarlate, le vert dans l'herbe des prairies, &c. & c'eſt un préjugé mal

XVII. LEÇON. fondé à bien des égards : pour ſavoir ce qu'il en faut rabattre, réfléchiſſons un peu ſur ce qui ſe paſſe à l'aſpect d'un objet coloré.

La lumiére tombe ſur un corps, & le rend viſible. Si nous le regardons alors, les rayons qu'il tranſmet, ou qu'il réfléchit vers nos yeux, y peignent ſon image, & nous jugeons qu'il eſt de telle ou telle couleur. Ce jugement n'a jamais lieu ſi l'objet n'eſt éclairé ; pendant la nuit tout eſt noir, rien n'eſt coloré : les couleurs dépendent donc de la lumiére ; ſans elle nous n'en aurions aucune idée.

Elles dépendent auſſi des corps ; car expoſés au même jour, le vin, le cinabre paroiſſent rouges, tandis que la bierre & l'or ſont jaunes, & que les champs ſont merveilleuſement émaillés de fleurs de toutes les couleurs.

Mais tout cela eſt hors de nous ; il ne nous en viendroit aucune notion, ſi la lumiére tranſmiſe ou refléchie par les objets, ne touchoit l'organe de la vue, pour rendre ces apparences ſenſibles, & ſi ces impreſ-

ſions ne réveilloient en nous des idées que nous avons appris à exprimer par certains termes. Un aveugle, comme l'on ſait, n'apperçoit pas les couleurs ; & s'il l'a toujours été, les noms qu'on leur donne ne lui en font pas naître l'idée. Diſons donc que les couleurs conſidérées en nous ſont des ſenſations, de même que les ſaveurs, les ſons, les odeurs, &c.

XVII. LEÇON.

Ces réflexions nous indiquent trois points de vue ſous leſquels nous pouvons traiter des couleurs. 1°. Nous pouvons les conſidérer dans la lumiére : 2°. dans les corps, en tant que colorés : 3°. par rapport à celui de nos ſens qu'elles affectent particuliérement, & par lequel nous les diſtinguons.

ARTICLE I.

Des couleurs conſidérées dans la lumiére.

J'ai remarqué dans la ſection précédente, en parlant des corps réfringents taillés en forme de lentilles, que la courbure ſphérique ne convenoit pas, pour raſſembler dans le plus petit eſpace poſſible les rayons

XVII. LEÇON.

de lumiére qui partent divergents de chaque point d'un objet; que, dans la vue de perfectionner les lunettes ou téleſcopes de réfraction, les Mathématiciens avoient cherché & indiqué d'autres ſortes de convexité plus propres à produire cette réunion parfaite; mais que la difficulté de les faire prendre au verre, avoit empêché qu'on ne mît ces moyens en uſage. Newton (*a*), après Deſcartes (*b*), s'occupa ſérieuſement de ces recherches, & du ſoin de procurer, s'il étoit poſſible, aux Artiſtes des procédés sûrs, pour travailler des lentilles qui raſſemblaſſent les rayons de lumiére, mieux que ne le peuvent faire des ſegments de ſphéres. Mais au lieu d'arriver au but qu'il s'étoit propoſé, il acquit de nouvelles connoiſſances qui l'en écarterent davantage; il découvrit qu'il étoit impoſſible de réunir parfaitement, comme on le ſouhaitoit, les rayons de la lumiére, quand même le corps réfringent employé à cet effet, ſeroit taillé de la maniére la plus convenable

(*a*) Principes de la Philoſ. nat. Liv. I.
(*b*) Dioptrique, chap. 8.

pour le produire. Il reconnut par des expériences déciſives, que la lumiére n'eſt point homogene dans ſes parties, qu'elle en a de plus réfrangibles les unes que les autres; d'où il arrive néceſſairement qu'une lentille de verre, quelle que puiſſe être ſa courbure, lorſqu'elle reçoit un faiſceau de rayons venant d'un aſtre, ou d'un autre corps lumineux, rend les uns plus convergents que les autres, & ne réunit dans un ſeul point, que ceux qui ſont de nature à ſe plier également: « Je m'apperçus, dit-il, » que ce qui avoit empêché qu'on ne » perfectionnât les téleſcopes, n'étoit » pas, comme on l'avoit cru, le dé- » faut de la figure des verres, mais » plutôt le mêlange hétérogene « des rayons différemment réfrangi- » biles » (*a*).

Newton fit cette belle & importante decouverte, en réfléchiſſant ſur un phénoméne connu bien longtemps auparavant, & que l'on voit toujours avec admiration, quand on fait l'Expérience que voici,

(*a*) Tranſact. Philoſoph. N°. 80. Ceci peut ſe rapporter à l'annee 1665.

XVII. LEÇON.

I. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Au volet d'une fenêtre expoſée au midi, ou à peu près., ou bien au fond *a c b* de la caiſſe repréſentée par la *Fig.* 6. de la 15e Leçon, Pl. 2, il faut pratiquer un trou rond de 5 à 6 pouces de diamétre, pour recevoir la piéce *A B*, *Fig.* 1. qui s'y arrête avec des vis, ou avec deux crochets : cette piéce conſiſte en un tuyau long d'un pied, ou un peu moins, ouvert par les deux bouts, & portant à l'une de ſes extrémités une boule de bois qu'il traverſe, par le moyen de laquelle il ſe meut en tout ſens dans une double coquille, à la maniére d'un genou.

Ce tuyau, qui peut avoir deux pouces de diamétre, doit répondre dans une chambre fort obſcure, & ſert à y introduire un jet de lumiére venant immédiatement du ſoleil, ou réfléchi dans quelqu'autre direction, par le moyen d'un miroir plan de métal, placé dans la caiſſe, ou ſur un ſup-

port en dehors de la fenêtre (*a*). On rétrécit l'ouverture *C*, autant qu'on le veut, avec un morceau de bois dur tourné en cul-de-lampe, évidé comme un entonnoir, & garni au bout d'une petite platine de métal percée au milieu.

Pour les Expériences qui doivent ſe faire dans l'obſcurité, ce tuyau mobile vaut beaucoup mieux qu'un ſimple trou à la fenêtre, parce qu'il empêche que la lumiére réfléchie par les objets extérieurs ne ſe répande

(*a*) La meilleur maniére de faire les expériences dont nous avons à parler dans cet Article, c'eſt d'introduire le rayon ſolaire immédiatement, & ſans le ſecours d'aucun miroir : c'eſt ainſi que Newton les a faites, & qu'il a dû les faire, pour avoir des réſultats hors de tout ſoupçon. Mais ſi la fenêtre n'eſt pas expoſée à peu près au midi, ou que la ſaiſon faſſe prendre au ſoleil une hauteur méridienne trop grande, on eſt obligé de réfléchir le rayon, pour le jetter dans une direction convenable : cela ſe peut faire, quand il ne s'agit que de répéter des expériences connues, & en prenant la précaution de n'employer que des miroirs bien parfaits pour la figure & pour le poli. Ceux de métal, parce qu'ils n'ont qu'une ſurface réfléchiſſante, ſeroient toujours préférables à ceux de glace étamée qui ont une double réflexion, s'ils ne ſe terniſſoient pas aiſément.

XVII. LEÇON.

dans la chambre : ce qui peut affoiblir, & même faire manquer les effets qu'on cherche à voir.

Au rayon de lumiére introduit dans la chambre par le tuyau dont je viens de parler, on oppoſe l'angle d'un priſme triangulaire *D*, *Fig.* 2. formé d'un morceau de verre ſolide, dont les faces ſoient bien dreſſées & polies le plus parfaitement qu'il ſoit poſſible. Voyez la *Fig.* 3.

Pour rendre mes priſmes d'un uſage plus commode, & pour empêcher qu'ils ne ſe dépoliſſent, lorſqu'on les poſe ſur des tables, je fais garnir les extrémités de deux emboîtures de cuivre, au milieu deſquelles ſont ſoudées des tiges *E E*, du même métal, qui ſont comme l'axe du priſme prolongé de part & d'autre. Elles ſervent à le ſoutenir, & à le faire tourner entre deux ſupports élevés perpendiculairement ſur une regle *F F*, portée par une tige ronde qui ſe hauſſe & ſe baiſſe en gliſſant dans un pied, & qui s'arrête à telle hauteur qu'on veut, par la preſſion d'une vis *G*. Au haut de cette tige eſt encore un mouvement de charniére, *H*, ſembla-

ble à celui de la tête d'un compas, au moyen duquel le priſme s'incline autant qu'on le veut. XVII. LEÇON.

L'angle du priſme, par lequel on fait paſſer le rayon ſolaire, n'a point de grandeur déterminée pour le ſuccès de l'Expérience. Celui dont Newton s'eſt ſervi étoit preſque équilatéral : on peut très-bien réuſſir avec des angles plus petits ; cependant il eſt bon qu'ils ne ſoient pas au-deſſous de 45 degrés.

Comme le verre eſt ſouvent défectueux, ſoit par les filandres, ſoit par les bouillons qu'il contient dans ſon épaiſſeur, on doit demander aux ouvriers des priſmes qui ayent 5 à 6 pouces de longueur, avec des faces d'un bon pouce de largeur, afin d'y pouvoir choiſir plus aiſément des endroits d'une homogénéité convenable.

Au défaut de priſmes de verre ſolide, on en peut faire avec des lames de glace mince, bien dreſſées, & jointes enſemble par le moyen de quelque maſtic : on les remplit d'eau bien claire, ou de quelqu'autre liqueur limpide, dont il faut connoître le pouvoir réfractif.

XVII. LEÇON.

EFFETS.

Lorſque le rayon ſolaire a traverſé l'angle du priſme, au lieu de ſuivre ſa premiére route, & d'aller former en *I* un cercle ſimplement lumineux, il ſe releve dans une ſituation à peu près horizontale, avec les circonſtances ſuivantes.

1°. Ce rayon paroît dilaté en forme d'éventail, & fait ſur un carton blanc *K L*, élevé verticalement à 16 ou 18 pieds de diſtance du priſme, une image longue (*a*), arrondie par en haut & par en bas, compriſe d'un bout à l'autre entre deux lignes droites paralleles.

2°. La largeur de cette image égale le diamétre du cercle lumineux que le

(*a*) La longueur de l'image colorée dépend de la grandeur de l'angle du priſme, & de la diſtance que l'on met entre ce priſme & le carton ſur lequel on reçoit la lumiére réfractée; à 16 pieds du priſme, meſure de France, l'image a environ 9 pouces de haut, quand l'angle réfringent eſt de 64 degrés, & que le rayon incident eſt autant incliné à l'une des faces que le rayon émergent l'eſt à l'autre : ce que l'on reconnoît, lorſqu'en faiſant tourner le priſme ſur ſon axe, l'image colorée ceſſe de monter pour commencer à deſcendre.

rayon ſolaire marqueroit en *I*, s'il ne rencontroit pas le priſme : d'où l'on peut conclure, que le rayon n'eſt dilaté que dans un ſens.

3°. Cette lumiére réfractée, à compter depuis le priſme juſqu'au carton, paroît par bandes diverſement colorées ; & l'image *M N* qui en eſt formée, porte les mêmes couleurs dans l'ordre qui ſuit de bas en haut : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

EXPLICATION.

Newton ayant répété pluſieurs fois, avec beaucoup de ſoin, l'Expérience que je viens de rapporter, trouva que les réſultats en étoient très-conſtants ; & après y avoir bien réfléchi, il eſſaya de les expliquer par les conjectures ſuivantes. Il lui vint en penſée, que la lumiére pourroit bien être un fluide composé de parties eſſentiellement différentes : premiérement, par le degré de réfrangibilité ; ſecondement, par la propriété d'exciter en nous le ſentiment de certaines couleurs.

En effet, en ſuppoſant ces deux

XVII. LEÇON.

points, il eſt aiſé de rendre raiſon des effets rapportés ci-deſſus. Car 1°. ſi l'on conſidere le rayon total qui entre dans le priſme, comme un aſſemblage de filets de lumiére, qui ne ſe détournent pas également de leur premiére route, en ſe réfractant, c'eſt une néceſſité que les uns s'élevent plus que les autres au deſſus de l'eſpace circulaire *I*, où ils auroient tous été ſe rendre, ſans l'interpoſition du corps réfringent; & de-là doit réſulter cette dilatation de bas en haut, qui donne, comme on le voit, la forme d'éventail à la lumiére réfractée.

2°. Il ſuit encore de la même ſuppoſition, que l'image *M N* doit être beaucoup plus longue que large; parce que le rayon n'étant dilaté que dans un ſens, la largeur compriſe entre les deux côtés rectilignes ne doit pas excéder le diamétre du cercle lumineux qui auroit paru en *I*, ſans l'interpoſition du priſme.

3°. Cette même image doit être arrondie, comme elle l'eſt en effet, par ſes deux extrémités; car on a tout lieu de croire qu'elle eſt formée

par des images circulaires, qui anticipent les unes ſur les autres, en auſſi grand nombre, qu'il y a d'eſpéces de rayons différemment réfrangibles : le grand nombre de ces images circulaires, & la contiguité de leurs centres font apparemment qu'on n'apperçoit pas d'angles rentrants, & que les côtés ſont ſenſiblement rectilignes.

4°. Dans la ſuppoſition que les filets de lumiére qui compoſent le rayon incident, ſoient capables de ſe réfracter les uns plus que les autres, on ne doit pas s'attendre que la lumiére après les réfractions ſe dilate, ou s'éparpille dans un autre ſens, que celui de bas en haut : car le priſme ayant ſes baſes égales & ſemblables, les ſurfaces des côtés étant d'ailleurs bien droites, la lumiére qui tombe ſur des lignes priſes ſuivant la longueur du verre, pénétre des épaiſſeurs compriſes entre des lignes paralleles : & alors, ou les réfractions ſont nulles dans ce ſens, ou la ſeconde rend inſenſibles les effets de la premiere.

5°. Enfin, ſi les couleurs qu'on remarque dans l'image *M N* réſident

XVII. LEÇON.

veritablement dans la lumiére, & que les rayons diviſés & ſéparés les uns des autres, ſoient capables de réveiller conſtamment en nous les idées que nous avons attachées aux noms de rouge, orangé, jaune, vert, &c. quand une fois ils ſe ſont démêlés, en vertu de leur plus ou moins de réfrangibilité, ils doivent paroître véritablement ſous ces couleurs, ſoit qu'on les regarde immédiatement, ſoit que le carton blanc qui les a reçus, les réfléchiſſe vers nos yeux.

Sur ce pied-là, il y auroit dans la lumiére, telle qu'elle eſt naturellement, ſept eſpéces de rayons capables de produire autant de couleurs.

Ces couleurs s'appelleroient ſimples ou primitives, & l'on attribueroit à leurs différentes combinaiſons toutes les autres, qu'on remarque dans la nature.

La lumiére ſans couleur, telle qu'elle paroît en venant immédiatement du ſoleil ou d'un autre aſtre, ſeroit celle qui renfermeroit toutes les couleurs ſimples, par un mélange parfait; & ce qu'on nomme noir, ne ſeroit

ſéroit qu'une privation de toute lumiére ſimple ou compoſée.

Voilà ce que conçut Newton, en méditant ſur l'expérience du priſme ; mais quoique ces premiéres penſées ſe préſentaſſent avec un air de vraiſemblance capable de ſéduire en Philoſophe qui cherchoit ſincérement la vérité, il ne crut devoir s'y arrêter, qu'après avoir bien vérifié tout ce qu'il s'étoit permis de ſuppoſer, & qu'après avoir prouvé par des faits ou par des raiſonnements déciſifs, l'inſuffiſance des explications qu'on voudroit ſubſtituer aux ſiennes. C'eſt ce qu'il a fait avec une force & une ſagacité digne de ſon génie, dans un excellent Traité * qui eſt aujourd'hui entre les mains de tout le monde, & qu'il faut lire entiérement, pour être bien inſtruit ſur cette matiére. J'en ai extrait ce que j'ai cru néceſſaire, pour établir ſolidement le fond du ſyſtême, & dans le grand nombre d'expériences que l'Auteur a produites en preuves, j'ai choiſi celles qui m'ont paru les plus belles, les plus concluantes, & dont le ſuccès ne tient point à des manipulations trop

* *Traité d'Optique ſur la lumiére & ſur les couleurs, traduit de l'Anglois en François, par M. Coſtes.*

XVII. Leçon.

délicates, afin que le Lecteur curieux de les voir, puiſſe entreprendre de les répéter lui même, ſans craindre de les manquer.

Toute la théorie dont il s'agit ici, roule ſur deux points capitaux, que voici. 1°. La lumiére eſt compoſée de rayons plus réfrangibles les uns que les autres. 2°. Chaque rayon eſt d'une couleur déterminée, dont ſe teignent les objets qu'il éclaire. Examinons avec Newton, ſi ces deux apparences qu'on remarque dans l'expérience du priſme, ſont des modifications accidentelles de la lumiére, comme on le pourroit croire, ou bien des propriétés inhérentes que rien ne puiſſe changer.

II. EXPERIENCE.

Preparation.

Ayant tout diſpoſé, comme dans la premiére Expérience, on reçoit la lumiére réfractée, ſur l'angle d'un ſecond priſme *A B*, placé à un pied de diſtance du premier, ayant ſon axe dans une ſituation verticale, comme il eſt repréſenté par la *Fig.* 4.

Effets.

Tous les rayons qui viennent du premier priſme étant reçus ſur le ſecond, ſe détournent de côté, & vont former ſur un carton blanc qu'on leur préſente, une image ſemblable par ſes dimenſions, & par l'arrangement de ſes couleurs, à celle de la premiére Expérience, avec cette ſeule différence, qu'elle n'eſt plus dans une ſituation verticale, mais inclinée.

Explication.

Les deux priſmes ſe croiſant à angles droits, les réfractions cauſées par le ſecond ne peuvent manquer de faire aller de droite à gauche, ou de gauche à droite, les rayons que le premier a détournés de bas en haut: voilà pourquoi la ſituation de l'image, qui étoit verticale dans l'Expérience précédente, eſt devenue oblique dans celle-ci. Mais ce qu'il y a d'eſſentiel à obſerver ici, c'eſt que les couleurs ſont toujours les mêmes; que leurs poſitions reſpectives ne ſont point changées, & que l'image eſt conſtam-

XVII. Leçon.

ment de la même largeur : car, comme il n'eſt pas douteux que dans la premiére épreuve la portion jaune du rayon de lumiére s'eſt ſéparée de la rouge & de la bleue, parce qu'elle s'eſt réfractée moins que celle-ci, & plus que celle-là, ſi toutes les couleurs gardent conſtamment le même ordre entr'elles, dans quelque ſens qu'on les réfracte après leur ſéparation, n'a-t-on pas tout lieu de croire qu'elles ſont inaltérables, & qu'elles appartiennent inſéparablement aux rayons qui les portent ? & ſi la longueur de l'image colorée venoit d'une ſimple dilatation ou éparpillement de la lumiére réfractée, comme l'ont prétendu quelques Auteurs, on ne voit pas pourquoi le ſecond priſme ne produiroit point en largeur, ce que le premier a fait en hauteur. Il devroit étendre la portion rouge, la jaune, la verte, &c. en autant de bandes auſſi longues que la premiere image *M N*, & le tout enſemble devroit former un quarré comme *M m*, *N n*; au lieu qu'on répond à tout, en diſant que ces portions de lumiére colorée étoient d'abord réunies & mêlées enſemble

dans l'eſpace circulaire qu'on voit en *I*, *Fig.* 3. & que les réfractions plus fortes par degrés n'ont fait que les tranſporter les unes au-deſſus des autres, ſans amplifier les cercles qu'elles étoient capables de former : l'expérience même vient à l'appui de cette explication. Avec un peu de ſoin & d'adreſſe, il eſt poſſible de voir ſucceſſivement la plûpart des cercles colorés, dont on ſuppoſe ici que l'image totale *M N* eſt formée, en procédant de la maniére ſuivante.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

Répétez la premiére Expérience : ayez des morceaux de verre fort épais, dont un ſoit rouge, un autre vert, un troiſiéme d'un bleu extrêmement foncé : aſſurez-vous que ces verres ont des ſurfaces bien planes & paralleles entr'elles, & préſentez-les ſucceſſivement aux rayons réfractés à un pied de diſtance après le priſme.

Effets.

Chacun de ces verres ne laiſſe paſſer que l'eſpéce de lumiére dont la

XVII. LEÇON.

couleur eſt analogue à ſa tranſparence (*a*); & le carton blanc ſur lequel on la reçoit, ne repréſente à chaque épreuve qu'un cercle, (*b*) uniformément coloré, dont le diamétre égale celui du cercle lumineux qui paroît en *I*, quand le rayon ſolaire y va en droite ligne & ſans réfraction. De plus on remarque que le cercle vert ſe va placer ſur le carton plus haut que le rouge, & plus bas que le bleu; de ſorte qu'on peut légitimement conclure de cette Expérience, que ſi l'on avoit autant de corps differemment colorés & tranſparents, qu'il y a de différentes eſpéces de rayons dans la lumiére, on auroit, les uns

(*a*) Pour faire cette Expérience avec ſuccès, il faut choiſir des verres très-foncés en couleur: ſans quoi les rayons rouges & les jaunes qui ſont très-forts, paſſent en partie & font un cercle foible de leur couleur, qui couvre un peu celui qu'on a intention de voir ſeul.

(*b*) Quand on fait cette épreuve, on doit avoir ſoin de tourner le priſme ſur ſon axe, juſqu'à ce que l'image ceſſe de monter, pour commencer à deſcendre, ſans quoi, au lieu d'un cercle, on auroit un ovale; & avec cette précaution même, l'image circulaire dont je parle, n'eſt point renfermée dans un cercle pris à la rigueur Mathématique.

aprés les autres, tous les cercles dont l'image *M N* eſt compoſée.

Les rayons conſervent conſtamment leur degré de réfrangibilité & leurs couleurs propres, non-ſeulement après une ſeconde réfraction, comme on l'a prouvé par la ſeconde Expérience, mais encore après une troiſiéme, une quatriéme, &c. « J'ai » mis quelquefois, dit Newton, un » troiſiéme priſme après le ſecond, » & un quatriéme après le troiſiéme, » afin que par tous ces priſmes l'i» mage pût être ſouvent rompue de » côté ; mais les rayons qui ſouf» froient dans le premier priſme une » plus grande réfraction que le reſte, » en ſouffroient une plus grande dans » tous les autres priſmes ; & cela ſans » que l'image fût aucunement dilatée » de côté. C'eſt donc à juſte titre, con» clut-il, que ces rayons conſtants à » être plus rompus que les autres, ſont » réputés plus réfrangibles (*a*) » : ce qui ſe peut encore prouver de la maniére ſuivante.

(*a*) Traité d'Opt. Liv. 1. Part. 1. Prop. 2.

XVII. Leçon.

IV. EXPERIENCE.

Preparation.

Ayant réfracté, comme dans la premiére Expérience, un rayon ſolaire de la groſſeur du doigt, on éleve verticalement, un peu plus loin que le priſme, une planche mince, d'environ un pied de large en tous ſens, percée au milieu d'un trou rond qui ait à peu près un quart de pouce de diamétre, pour recevoir & tranſmettre une partie de la lumiére réfractée. A 10 ou 12 pieds de-là, vers le fond de la chambre, il faut élever une pareille planche, par le moyen de laquelle on puiſſe encore intercepter une grande partie de la lumiére qui aura paſſé par l'ouverture de la premiére, & placer derriére, vis-à-vis du trou, l'angle d'un autre priſme, pour réfracter encore la petite portion de lumiére colorée qui ſera tranſmiſe: voyez la *Fig.* 5.

Les planches dont il eſt fait mention ici, & dont on n'a marqué que les places & la ſituation, par les lignes *PQ*, *pq*, ſont garnies par en-bas d'une tige de métal qui s'enfonce plus

plus ou moins dans un pied, & qui s'arrête à telle hauteur que l'on veut, par la preſſion d'une vis *O*, *Fig.* 6. le trou qui eſt au milieu a près d'un pouce de diamétre, & ſe rétrécit à volonté, par le moyen d'une platine de cuivre mince, taillée en demi-cercle, ayant vers la demi-circonférence pluſieurs trous de différentes figures & grandeurs, & tournant ſur le centre du cercle dont elle fait partie, de maniére que tous ſes trous peuvent répondre l'un après l'autre à celui de la planche.

En faiſant tourner doucement le premier priſme ſur ſon axe, on doit faire en ſorte que les rayons réfractés paſſent ſucceſſivement par le trou *X* de la premiére planche, & de-là par celui de la ſeconde juſqu'au priſme *stv*, & prendre ſoin que ces trois piéces, ſavoir les deux planches & le ſecond priſme, demeurent bien fixes, afin que tous les rayons qu'on veut éprouver, ayent toujours une incidence égale ſur la face *st*.

On doit encore oppoſer à quelques pieds au-delà un carton blanc, comme *Yy*, pour recevoir les rayons qui au-

XVII. LEÇON. ront été briſés par le dernier priſme, & marquer exactement la place où chacun d'eux ira ſe rendre.

EFFETS.

En procédant de cette maniére, on obſerve conſtamment que le rayon rouge s'éleve au point *Z*, le jaune un peu plus haut, le bleu & le violet encore davantage.

Il paroît donc évidemment par cette Expérience que les rayons qui ſe ſont le plus rompus, en paſſant par le premier priſme, ſont auſſi ceux qui ſouffrent les plus grandes réfractions, en paſſant par le ſecond. Ajoutons encore une preuve à celles que je viens de rapporter.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Prenez une bande de carton de la largeur de deux doigts, & longue de 5 à 6 pouces : partagez-en la longueur en deux parties égales, par une ligne perpendiculaire aux deux côtés, comme *A B*, *Fig.* 7. Collez ſur l'une de ces deux moitiés *A B C D*, un morceau de drap teint en gros bleu,

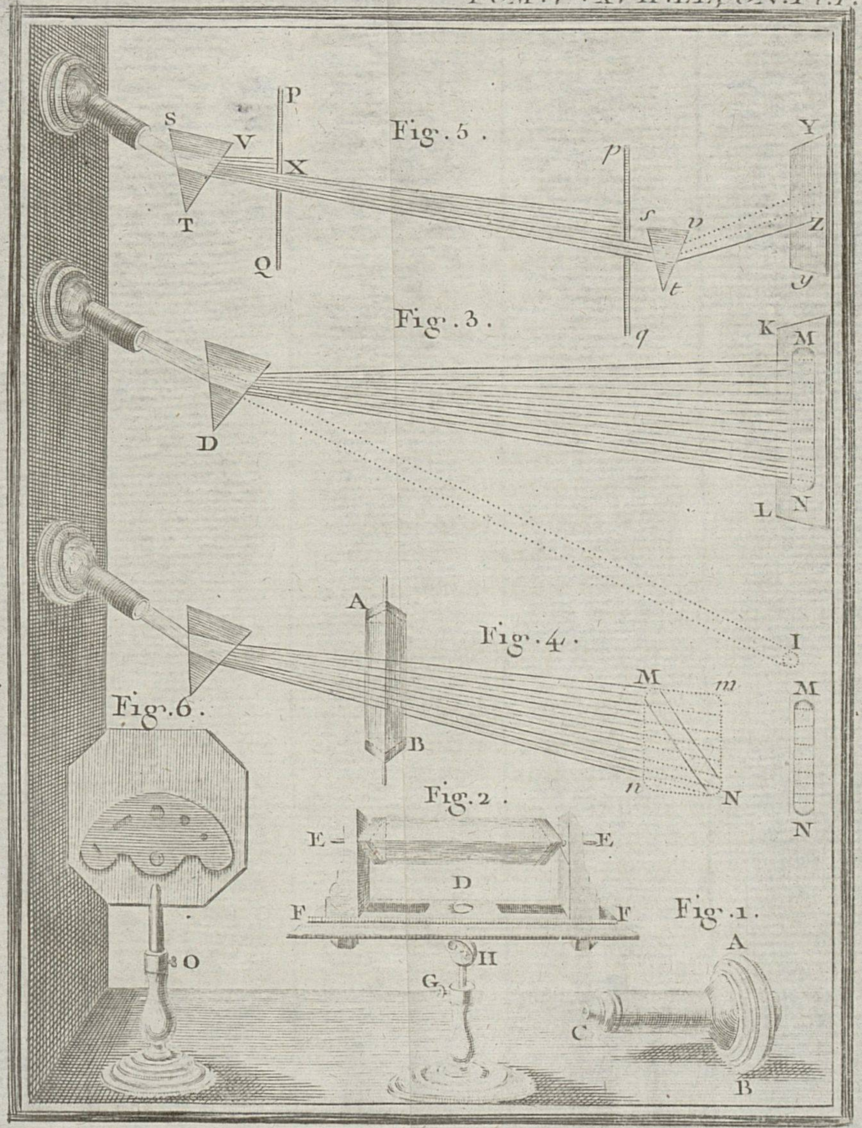


Fig. 5.
P
S
V
X
T
Q
p
s
v
t
q
Y
Z
y
Fig. 3.
K
M
D
L
N
Fig. 4.
A
B
I
M
m
n
N
M
N
Fig. 6.
Fig. 2.
E
E
D
F
F
H
G
O
Fig. 1.
A
C
B

& couvrez l'autre avec du drap teint en écarlate, ou en cramoiſi. Placez cette piéce ſur le plancher d'une chambre à 5 ou 6 pieds de la fenêtre, de maniére que le jour tombe bien deſſus ; puis, en vous reculant huit ou dix pieds plus loin, vers le fond de la chambre, regardez-la à travers l'angle d'un priſme, dont la longueur ſoit parallele à celle du carton de deux couleurs, & l'un & l'autre encore paralleles à l'horizon & à la largeur de la fenêtre. Voyez la *Fig.* 7.

Effets.

Si l'angle réfringent du priſme eſt tourné en haut, comme *E*, l'image du carton paroît élevée vers *F*, & la partie *a b c d* qui eſt bleue, l'étant d'avantage, ſemble ſe ſéparer de l'autre.

Explication.

L'œil qui regarde par le priſme, apperçoit le carton *C D G H* par des rayons de lumiére, qui tombant de la fenêtre ſur cette ſurface rouge & bleue, ſont réfléchis vers lui ; mais comme cette lumiére ſe briſe dans l'angle du priſme, avant que d'arriver

XVII. Leçon.

à lui, il voit l'objet dans la direction des rayons réfractés, c'eſt-à-dire, plus haut que ſon vrai lieu. Si ce premier effet de la réfraction étoit égal pour tous les rayons tant bleus que rouges, chaque point de la ſurface *C D G H* conſerveroit ſa premiére poſition dans l'image, laquelle ſeroit par-là d'une figure tout-à-fait conforme à celle de ſon objet. Mais puiſque la partie *a b c d* paroît plus élevée que l'autre, c'eſt une marque certaine que la réfraction a été plus forte pour la lumiére bleue que pour la rouge; & ſi l'on doutoit que ce fût la vraie raiſon de cet effet, on pourroit s'en convaincre aiſément, en couvrant la partie *A B C D* ſucceſſivement avec des morceaux de drap verd, jaune, rouge; car on verra, ſi l'on en fait l'épreuve, la partie correſpondante *a b c d* de l'image ſe rapprocher du niveau de l'autre, à meſure que la couleur indiquera une lumiére d'une réfrangibilité moins différente, ou plus analogue.

On voit donc par toutes ces preuves, que les rayons de lumiére qui ſe diſtinguent par des couleurs propres,

différent auſſi très-conſtamment par leurs degrés de réfrangibilité, & que cette différence eſt entr'eux, non un accident, mais une propriété qui tient à leur nature, & que rien ne peut faire changer. L'image oblongue de la premiére Expérience conſerve toujours ſes couleurs dans le même ordre, quoique les rayons dont elle eſt formée, ſe réfractent de nouveau, en paſſant par un ou par pluſieurs priſmes.

XVII. Leçon.

La même choſe ſe voit encore, ſi l'on employe des miroirs de toutes les formes imaginables, pour les réfléchir. La figure de l'image & ſa grandeur peuvent varier ſuivant la nature des ſurfaces réfléchiſſantes ; le miroir convexe l'affoiblit en l'amplifiant ; parce qu'en général il raréfie la lumiére : le concave la reſſerre de plus en plus juſqu'à un certain point, après quoi il la renverſe, & l'agrandit en diminuant ſon éclat : le miroir cylindrique lui donne l'apparence d'un bel arc-en-ciel ; mais dans tous ces changements, les couleurs ſe conſervent les mêmes, & gardent toujours leurs poſitions reſpectives : ce qui

XVII. LEÇON. garantit aux rayons de lumiére des degrés de réfrangibilité inaltérables.

Newton, en éprouvant par la réflexion ces différents degrés de réfrangibilité ; qu'il avoit découverts dans la lumiére, trouva de plus que les rayons les plus réfrangibles étoient en même temps les plus réflexibles : c'eſt à-dire, qu'à incidences égales, les bleus par exemple, qui ſe refractent plus que les rouges, ſe réfléchiſſent auſſi plutôt qu'eux. Voici comme il s'aſſura de cette nouvelle découverte.

VI. EXPERIENCE.

Preparation.

Ayez un priſme rectangulaire, comme *I K L*, *Fig.* 8. placez-le ſur ſon ſupport, de maniére qu'un rayon ſolaire un peu moins gros que le petit doigt, introduit, comme il a été dit ci-deſſus, dans une chambre bien fermée, tombe perpendiculairement, ou à peu près, ſur un des côtés *I K*, & ſe réfracte en *M*, pour former une image colorée ſur un carton blanc *N N* élevé verticalement 5 ou 6 pieds plus loin. Faites tourner enſuite dou-

cement le priſme ſur ſon axe dans l'ordre des lettres *I K L*, & préparez un autre priſme, dont les deux plus grandes faces forment entr'elles un angle d'environ 55 degrés, comme *T V X*.

Effets.

Lorſqu'en faiſant tourner le priſme *I K L*, on fait faire au rayon ſolaire incident avec la baſe *I M* du priſme, un angle qui atteint à 50 degrés, une partie des rayons qui s'étoient réfractés vers le carton *N N*, ſe réfléchiſſent en droite ligne du point *M* vers *O*.

Alors ſi l'on oblige cette lumiére réfléchie à paſſer par le ſecond priſme *T V X*, elle s'y réfracte, & ſe fait voir avec ſes différentes couleurs ſur un autre carton blanc *P P* qu'on lui oppoſe, avec ces deux circonſtances qu'il faut bien remarquer. 1°. Les rayons violets & les bleus arrivent les premiers, & vont ſe placer vers *q*; les verds & les jaunes au-deſſous, comme en *r*; & en dernier lieu les rouges qui ſe placent encore plus bas en *s*. 2°. Les rayons qui paſſent par réflexion vers le ſecond priſme, paroiſſent manquer en même-temps à l'image co-

XVII. Leçon.

lorée du carton *N N*; de ſorte que ce qui diſparoît d'abord en Q, commence à ſe faire voir en *q*, & que ce qui ſe perd enſuite en *R* & en *S*, ſe retrouve auſſi-tôt en *r* & en *s*.

Explication.

Quand le rayon ſolaire incident fait un angle un peu plus grand que de 50 degrés, avec la baſe *I M* du priſme, il tombe preſque à angles droits ſur le côté *I K* : ce qui rend ſa réfraction nulle ou inſenſible ; c'eſt pourquoi il paſſe en droite ligne juſqu'en *M*. Mais en ſortant fort obliquement de la baſe *I L*, il ſe réfracte à proportion ; & c'eſt par cette raiſon qu'il ſe dilate comme dans la premiére Expérience, faiſant ſur le carton *N N* une image de diverſes couleurs, dont les bleus & les violets occupent la partie la plus élevée Q ; les jaunes & les rouges, la partie la plus baſſe *S*; & les verds, la partie moyenne *R*.

Dès qu'en tournant le priſme ſur ſon axe, on fait faire au rayon incident un angle un peu moindre que de 50 degrés, avec la partie *M I* de la baſe du priſme, la lumiére ne paſ-

ſe plus en totalité du verre dans l'air: une partie ſe réfléchit en droite ligne du point *M* vers *O*; je dis en droite ligne, parce que traverſant le côté *K L* à angles droits, ou à très-peu-près, elle ne ſe réfracte point ſenſiblement, quoiqu'elle paſſe du verre dans l'air.

Or ſi toute la lumiére du rayon incident étoit également réflexible, pourquoi ne ſe relevroit-elle pas entiérement du premier coup? pourquoi les parties de l'image qu'on voit ſur le carton *N N*, ne diſparoîtroient-elles que ſucceſſivement, & à meſure qu'on donne au rayon incident une plus grande obliquité?

Il eſt donc certain qu'il y a dans la lumiére des parties plus réflexibles les unes que les autres; puiſqu'à incidences égales, toutes celles du rayon ſolaire employé dans notre Expérience, ne ſe réfléchiſſent pas enſemble.

Et puiſque les rayons violets & les bleus, qui ſont reconnus pour être les plus réfrangibles, ſont auſſi les premiers à ſe réfléchir; que les jaunes & les rouges, qui ſe réfractent le moins,

XVII. LEÇON.

ne ſe réfléchiſſent jamais qu'après les autres ; on peut dire en général avec Newton, que la lumiére eſt compoſée de parties hétérogenes, dont les différences ſe manifeſtent par des degrés conſtants de réfrangibilité & de réflexibilité, & que celles-là ſont de leur nature les plus réflexibles, qui ſont les plus réfrangibles.

Outre ces différences qui établiſſent l'hétérogénéité de la lumiére, & que je viens de prouver par des faits qui me paroiſſent déciſifs, il y a encore celle des couleurs, qui n'eſt pas moins conſtante, & qui fait le principal objet de cet article. Suivons toujours le ſavant Auteur qui nous l'a fait connoître, & rappellons ici quelques-unes de ſes preuves ; mais auparavant convenons avec lui de quelques termes néceſſaires pour nous faire mieux entendre.

Nous appellerons *lumiére hétérogene* ou *compoſée*, celle qui vient immédiatement d'un aſtre, & qui ne fait ſentir aucune couleur.

Nous nommerons *lumiére homogene* ou *ſimple*, celle qui a été démêlée par la réfraction ou autrement, & qui pa-

roît ſous une de ces ſept couleurs, rouge, orangé, jaune, verd, bleu, indigo, violet.

Comme l'image colorée, formée par les rayons réfractés dans la premiére Expérience, réſulte d'une ſuite de cercles de diverſes couleurs, couchés en partie les uns ſur les autres, on doit penſer que les rayons d'un certain ordre ſont mêlés avec ceux des autres eſpéces qui précédent & qui ſuivent, & qu'il n'y a tout au plus que les deux extrémités de cette image, qui puiſſent fournir une lumiére homogene ou ſimple : ſi l'on veut donc éprouver quelqu'une de ces eſpeces ſéparément des autres pour voir ſi ſa couleur eſt indécompoſable, il faut choiſir l'extrême rouge ou l'extrême violet, ou bien trouver quelque moyen par lequel on puiſſe compter avoir les autres couleurs entiérement ſéparées : le premier parti eſt le plus facile à prendre, & celui qui convient le mieux, quand on veut ſe contenter de faire voir l'immutabilité de la couleur dans une ou deux eſpéces ; mais ſi l'on prend à cœur de faire la même choſe

pour toutes, on en peut venir à bout, en procédant de la maniére ſuivante.

XVII. LEÇON.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Introduiſez dans une chambre bien obſcure un rayon ſolaire de la groſſeur d'une plume à écrire : à 10 ou 12 pieds de la fenêtre par où paſſe ce rayon, recevez-le ſur une lentille de verre *AB*, *Fig.* 9. qui ait ſon foyer à 3 ou 4 pieds de diſtance : immédiatement après cette lentille, préſentez un priſme *CD*, à travers lequel le cône de lumiére formé par la lentille ſoit obligé de paſſer, & recevez la lumiére réfractée ſur un carton blanc, que vous tiendrez à une diſtance à-peu-près égale à celle du foyer de la lentille.

EFFETS.

Le cône de lumiére réfracté par le priſme, produit ſur le carton une image oblongue & fort étroite, dont les couleurs ſont plus diſtinctes qu'elles n'ont coutume de l'être, quand on fait la même expérience ſans faire paſſer les rayons incidents par une lentille.

Explication.

Si le jet de lumiére qui vient par la fenêtre ne rencontroit ni lentille ni priſme, il iroit en droite ligne former le cercle lumineux *a b c d*. En paſſant par la lentille, cette lumiére devient convergente, & ſe raſſemble dans un petit eſpace au centre de ce cercle : lorſqu'on fait paſſer enſuite ce cône total de lumiére par un priſme, il ſe réfracte & ſe diviſe en autant de cônes particuliers, qu'il y a d'eſpéces de rayons & de nuances dans chaque eſpéce. Or comme ces eſpéces ſont au nombre de ſept, avec une infinité de nuances intermédiaires, on doit penſer que l'interpoſition du priſme après la lentille, occaſionne un nombre infini de cônes, à la pointe deſquels chaque eſpéce de lumiére ſe trouve concentrée dans un très-petit eſpace circulaire ; & comme les centres de ces cercles demeurent auſſi diſtants les uns des autres dans l'image rétrécie *e f*, *Fig.* 10. que dans la plus large *E F*, produite ſans lentille & par la ſeule interpoſition du priſme, il eſt évident que

XVII. LEÇON.

la lumiére de chaque eſpéce doit être non-ſeulement plus forte, étant concentrée par la lentille, mais auſſi plus pure & plus dégagée des autres, puiſque les petits cercles, qui expriment les eſpéces entre *e f*, n'anticipent pas les uns ſur les autres, comme ceux qui ſont compris entre *E F*.

En uſant de ce moyen pour avoir les couleurs plus ſéparées les unes des autres, ſi l'on trouvoit l'image *e f* trop étroite, on peut la rendre plus large, en faiſant paſſer le rayon ſolaire qui entre dans la chambre, non par un trou rond, mais par une ouverture étroite & longue, ayant attention que la longueur ſoit parallele à celle du priſme. Alors l'image *e f* prendra la forme d'un quarré long, comme *g h i k*, *Fig.* 11. les couleurs ſeront par bandes, auſſi vives & auſſi pures qu'auparavant, & l'on pourra ſûrement & commodément faire des épreuves ſur toutes les couleurs, excepté peut-être l'indigo & le violet, qui ſont des lumiéres très-foibles d'elles-mêmes, & qui s'altérent aiſément par le mêlange

presqu'inévitable de celle qui ſe ré-pand irréguliérement dans la chambre. XVII. LEÇON.

Cet effet, dont je donne pour garants la parole de Newton (*a*) & ma propre expérience, (*b*) tient pourtant à quelques conditions qu'il eſt bon d'annoncer ici. Il faut que l'ouverture par laquelle paſſe le rayon

(*a*) Traité d'Optique ſur la lumiére & ſur les couleurs. Liv. 1. *Part.* 1. *Exp.* 2.

(*b*) Il y a plus de 25 ans que je répéte cette Expérience, & que je vois le réſultat énoncé ci-deſſus, conformément à ce qu'a dit Newton. Cependant un Auteur célébre que j'eſtime beaucoup, m'a cité, il n'y a pas ſi long-tems, comme lui ayant dit qu'elle ne me réuſſiſſoit pas. Je ne me ſouviens nullement ni de ce qu'il m'a demandé à cette égard, ni de ce que je lui ai répondu : mais comme je vois par la lecture de ſon ouvrage, qu'il a cherché dans cette Expérience un autre réſultat, que celui qui eſt annoncé par Newton, il peut ſe faire que je lui aye répondu négativement, lorſqu'il m'aura demandé, ſans autre explication, ſi j'étois jamais venu à bout de produire l'effet qu'il avoit en vue. Je ſuis forcé de mettre ici cette Note, parce qu'un Auteur Hollandois, qui a publié *les Eléments de Philoſopie*, fondé apparemment ſur ce mal-entendu, me met au rang de ceux qui diſent avoir tenté ſans ſuccès l'Expérience dont il s'agit, & me fait partager avec le R. P. Caſtel & M. Gauthier, l'honneur, auquel je ne prétends pas, d'avoir pris Newton en défaut.

XVII. LEÇON. ſolaire, ſoit au plus d'une ligne de large ; que la lentille ſoit environ à 12 pieds plus loin ; que ſon foyer ſoit un peu long, comme de 9 à 10 pieds ; que l'angle réfringent du priſme ait au moins 60 degrés. Tout cela étant obſervé, on trouve que l'image *e f* eſt un peu plus de 70 fois plus longue que large ; & l'on eſt en droit de conclure que chaque eſpéce de lumiére y eſt dans la même proportion plus ſimple, que celle qui vient immédiatement du ſoleil.

Pour réuſſir encore avec plus de ſûreté, il faut que la chambre ſoit bien obſcure, que le priſme & la lentille ſoient bien travaillés, d'un verre homogene & bien net, & couvrir, avec du papier noir collé, toutes les parties de ces inſtruments, qui ſont inutiles à l'expérience, de peur que quelques portions du jet de lumiere, réfractées ou réfléchies irréguliérement, n'altérent ou n'empêchent les effets qu'on attend.

Pour ſavoir maintenant juſqu'à quel point les couleurs ſont fixes & inaltérables dans la lumiére, on peut les ſoumettre aux épreuves ſuivantes.

VIII.

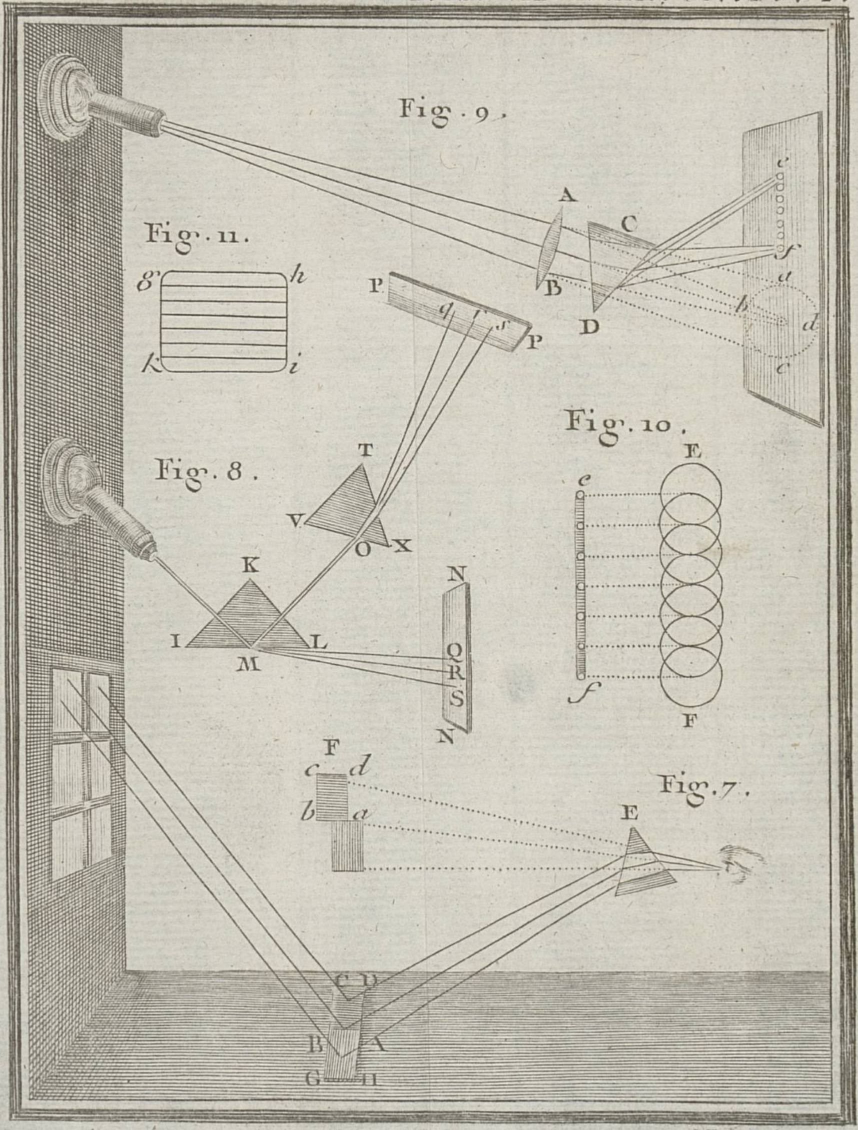


Fig. 9.
A
B
C
D
Fig. 11.
g
h
k
i
P
q
r
s
P
Fig. 10.
E
e
f
F
Fig. 8.
T
V
O
X
K
I
M
L
N
Q
R
S
N
F
c
d
b
a
Fig. 7.
E
C D
B
A
G
H

VIII. EXPERIENCE.

XVII. LEÇON.

PREPARATION.

Faites paſſer, comme dans la IVe Expérience, un rayon de lumiére homogene quelconque, par un trou de 2 ou 3 lignes de diamétre, pratiqué au milieu d'une planche mince : ayez un priſme qui ait un angle de 30 ou 40 degrés, une lentille de verre de 7 à 8 pouces de foyer, des morceaux de verre fort épais de différentes couleurs, des miroirs de toutes les eſpéces, & une planche couverte de morceaux de drap rouge, bleu, noir, jaune, &c.

EFFETS.

1°. Si l'on fait paſſer le rayon de lumiére homogene par l'angle du priſme, il ſe réfracte, & marque ſur un carton blanc, qu'on lui oppoſe, une tache ronde, de la même couleur qu'il a, avant de paſſer par le priſme.

2°. Quand ce même rayon a traverſé la lentille de verre, il forme deux cônes oppoſés par leurs pointes au foyer de ce verre convexe ; & en quelqu'endroit que l'on coupe

XVII. LEÇON. cette lumiére, avec un carton ou une feuille de papier blanc, elle a toujours la même couleur qu'elle avoit avant de paſſer par la lentille. Elle eſt ſeulement plus forte aux endroits où elle eſt plus reſſerrée.

3°. Lorſqu'on oppoſe un verre rouge au rayon bleu, ou un verre bleu au rayon rouge, ou il ne paſſe aucune lumiére, ou le peu qu'il en paſſe, conſerve ſa couleur ſans altération; la plus grande partie ſe réfléchit en avant.

4°. Les miroirs de différentes formes ſur leſquels on reçoit des rayons homogenes, ne font, tout au plus, qu'étendre ou reſſerrer leur lumiére, ſans rien changer à leur couleur.

5°. Ces mêmes rayons teignent de leurs propres couleurs les morceaux de drap qui ſont tout différemment colorés, ſans en excepter les noirs.

EXPLICATION.

1°. Dans la premiére épreuve, le rayon qui a paſſé par le priſme, ne fait point ſur le carton blanc une image oblongue & de diverſes couleurs, comme dans la premiére expérience; parce que toutes ſes par-

ties étant également réfrangibles, conſervent, en ſortant du priſme, le parelléliſme qu'elles avoient entr'elles avant que d'y entrer ; & comme les parties de la lumiére qui ont le même degré de réfrangibilité, ſont auſſi de la même couleur, l'image du rayon réfracté dans cette expérience, ne peut avoir qu'une ſeule teinte.

Il faut pourtant convenir que, ſi l'on ne fait point cette épreuve avec bien de la précaution, l'image en queſtion eſt un peu alongée, & qu'on remarque à ſes extrémités quelque petite frange de couleurs différentes de celles du rayon ; c'eſt ce qui a fait que M. Mariotte & pluſieurs autres perſonnes après lui, ſe ſont inſcrits en faux contre l'expérience de Newton. Mais un Phyſicien de bonne foi mettra le fait hors de conteſtation, s'il eſſaye de le vérifier dans une chambre parfaitement obſcure, avec un priſme, dont le verre ſoit ſans bouillons & ſans filandres, & dont les côtés ſoient bien droits & d'un beau poli ; prenant de plus tout le ſoin poſſible

XVII. Leçon.

de ſe procurer un rayon de lumiére homogene & ſans mêlange.

Si l'on néglige de prendre la premiére de ces trois précautions, la lumiére qui eſt répandue dans le lieu où ſe fait l'expérience, paſſe en partie par le trou de la planche, avec le rayon homogene ; & entrant encore avec lui dans le priſme, elle s'y décompoſe, & ajoute à l'image des couleurs que l'on n'y verroit pas ſans cela.

Si le priſme eſt défectueux, il produira des réfractions irréguliéres, & ne démêlera pas, autant qu'il le faut, les différentes eſpéces de lumiére ; de ſorte que le rayon qu'on fera paſſer par la planche, ne ſera pas homogene comme il doit l'être.

Enfin de quelque cauſe que vienne ce dernier défaut, ſoit qu'on prenne le rayon trop gros, ſoit qu'on le choiſiſſe mal, le ſecond priſme ne manquera pas de le décompoſer, s'il n'eſt pas bien ſimple, & ſa décompoſition s'annoncera par une différence de couleur au bord de l'image.

Mais quelque mal-adroit qu'on ſoit en faiſant cette expérience,

ſuelque peu de précaution qu'on y prenne, il eſt aiſé de reconnoître que l'image d'un rayon ſimple réfracté par un priſme, ne reſſemble guére à celle que produiroit le même priſme avec un rayon de lumiére composée; & ſi l'on apperçoit dans la premiére quelque petit mêlange de couleurs, c'eſt ſi peu de choſe, en comparaiſon de ce qui ſe voit dans l'autre, qu'un eſprit ſans prévention, aimera toujours mieux attribuer ce petit défaut à l'imperfection des inſtruments ou de la manipulation, que d'en faire une difficulté réelle contre la Théorie de Newton, ſi bien établie d'ailleurs.

2°. Il arrive à la lumiére ſimple, qui paſſe au travers d'une lentille de verre, ce qui arriveroit à un jet de lumiére composée; elle ſe condenſe de plus en plus, juſqu'à ce qu'elle ſe réuniſſe dans un foyer; après quoi elle devient divergente, & ſe raréfie à meſure qu'elle s'avance plus loin; & cela par les raiſons que j'ai expoſées en traitant de la Dioptrique. Mais ces différents degrés de condenſation & de raré-

XVII. LEÇON.

faction, qui la font paroître tantôt plus, tantôt moins forte, ne changent rien à ſa couleur : à l'endroit même où elle eſt le plus reſſerrée, au foyer de la lentille, elle conſerve la même nuance avec plus d'éclat, parce que toutes les parties de cette lumiére étant eſſentiellement ſemblables, ne peuvent devenir différentes entr'elles, par cela ſeul, qu'elles ſont plus ou moins rapprochées les unes des autres.

3°. Si les couleurs dans la lumiére n'étoient que de ſimples modifications d'un fluide homogene, quel moyen ſeroit plus propre à les produire, que les corps tranſparents, que nous appellons colorés ? Cependant on voit par le troiſiéme réſultat, qu'un rayon rouge, auquel on oppoſe un verre bleu, ou un rayon bleu, auquel on oppoſe un verre rouge, ou ſe réfléchit en entier, ou que s'il y paſſe en partie ; il conſerve ſa premiére couleur ſans altération. (*a*) C'eſt que ces ſortes

(*a*) Pour faire cette Expérience avec ſuccès, il faut des verres bien épais & d'une couleur bien foncée ; & lorſqu'on recoit le rayon bleu

de corps diaphanes ne ſont pas des milieux capables de colorer la lumiére, mais des eſpéces de cribles analogues par leur poroſité à tel ou tel ordre de rayons. La lumiére rouge, par exemple, ſe crible aiſément par le verre qui refuſe le paſſage aux rayons bleus; & ceux-ci paſſent avec liberté par un autre verre, qui réfléchit preſqu'entiérement les rayons rouges.

XVII. LEÇON.

4°. On voit par le ſecond réſultat, que la lumiére ſimple ne change point de couleur, pour être plus ou moins reſſerrée par réfraction; ſoumiſe à la même épreuve par la réflexion des miroirs, elle ne change point davantage, & c'eſt toujours par la même raiſon; ſa couleur tient à ſa nature, & non pas à ſa denſité accidentelle plus ou moins grande.

5°. Enfin quand un rayon rouge, jaune ou bleu, tombe ſur une ſurface quelconque, ou il s'y éteint, ou il eſt réfléchi, & rend viſible l'endroit ſur lequel il eſt tombé; dans le dernier cas, l'objet s'apperçoit ſous la couleur propre de la lumiére qui

ſur le verre rouge, il faut avoir ſoin encore que ce rayon ſoit bien pur & que la chambre ſoit bien obſcure.

XVII. LEÇON.

l'éclaire, parce que cette couleur appartient à la lumiére, qu'elle eſt inaltérable & à l'épreuve des ſurfaces qui la réfléchiſſent, comme des corps diaphanes qui la tranſmettent.

Tout le monde ſait que, quand on mêle enſemble du rouge & du jaune clair, on produit une couleur aſſez ſemblable à celle de l'orange, ou de la fleur appellée *ſoucy* : on ſait encore que le mêlange du bleu & du jaune eſt verd; & que celui du pourpre avec le bleu, peut faire une nuance qui reſſemble à la couleur de l'indigo. Cela peut porter à croire que parmi les couleurs priſmatiques, l'orangé, le verd & le premier violet ſont des couleurs compoſées, & qu'il n'y a véritablement que les quatre autres qui ſoient primitives, ou ſimples. Cette penſée, ſans doute, s'eſt préſentée à Newton, comme à tous ceux qui l'ont conçue depuis; mais au lieu de s'y arrêter, comme ont fait quelques Auteurs, ſans ſe donner la peine d'approfondir la queſtion, ou en s'appuyant ſur des faits mal obſervés, il a examiné avec attention ce qu'il

qu'il en étoit, & s'eſt aſſuré par les Expériences ſuivantes, que les trois couleurs ſur leſquelles il avoit des doutes, étoient ſimples & primitives comme les autres.

XVII. LEÇON.

IX. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Vers le fond d'une chambre bien obſcure, on éleve ſur un pied qui ſe hauſſe & ſe baiſſe à volonté, une planche mince *A B*, *Fig.* 12. plus longue que large, percée dans une ligne verticale vers le milieu de ſa largeur, de deux trous ronds *C D*, qui ont chacun quatre lignes de diamétre, & qui ſont écartés de 7 à 8 pouces l'un de l'autre : à quelques pieds de diſtance derriere cette planche, eſt un carton blanc *EE*, élevé de même, & qui peut s'approcher & ſe reculer ſuivant le beſoin.

En ſuivant le procédé de la VIIe Expérience, on fait paſſer par le trou *D*, un rayon rouge bien pur, qui fait en *F* ſur le carton, une image ronde de cette couleur. Enſuite par le moyen d'un ſecond rayon ſolaire,

XVII. LEÇON.

réfracté comme le premier, mais en ſens contraire, on fait paſſer par l'autre trou *C* de la planche, un rayon jaune citron, de maniere que ſon image ſe place préciſément ſur la premiere qui eſt rouge.

En faiſant tourner doucement les deux priſmes *G*, *g*, ſur leurs axes, & en changeant un peu les diſtances reſpectives de la planche aux priſmes, & du carton à la planche, on fait de même coincider ſucceſſivement le jaune de l'un des rayons ſolaires avec le bleu de l'autre, & pareillement le bleu & le dernier violet.

Après avoir ainſi formé des images compoſées de deux couleurs, on en fait naître de ſemblables avec des lumiéres ſimples, en bouchant l'un des deux trous *C*, ou *D*, & faiſant paſſer ſucceſſivement ſur le carton des portions de lumiére, orangée, verte & indigo, de l'un des deux priſmes.

Après cela, on compare les dernieres images avec les premieres, en regardant les unes & les autres au travers d'un priſme *H*.

EFFETS.

Chacune des images produites par la lumiére venant d'un ſeul priſme *G*, ou *g*, ſoit qu'on la voye à travers le priſme *H*, ſoit à la vue ſimple, paroît toujours ronde, & d'une couleur uniforme dans toute ſon étendue.

Les images compoſées qui paroiſſent de même à la vue ſimple, lorſqu'on les regarde par le priſme, deviennent un peu ovales, & l'on voit l'une des deux couleurs déborder l'autre.

EXPLICATION.

Nous avons vu par les expériences précédentes, qu'une lumiére ſimple, dès qu'elle eſt ſéparée des autres eſpeces, ne ſe décompoſe plus, quoiqu'on la réfracte encore pluſieurs fois ; & c'eſt pourquoi la petite image ronde qui vient d'un ſeul priſme, garde conſtamment ſa couleur uniforme & ſa figure, quoiqu'on la regarde à travers le priſme *H*. Car tous les rayons de lumiére qui la rapportent à l'œil, étant d'une égale réfrangibilité, ſe rompent dans le

XVII. LEÇON. verre ſans changer de poſition entr'eux ; & comme ils ſont auſſi tous de la même couleur, l'image qu'ils peignent au fond de l'œil, doit être de la même nuance dans toute ſon étendue.

Par des raiſons contraires, l'image formée de deux couleurs mêlées enſemble, doit devenir ovale, & l'une des deux couleurs doit déborder l'autre, comme on voit que cela arrive en effet.

On a donc raiſon de regarder comme couleurs ſimples & primitives, l'orangé, le verd & l'indigo, qui ſe remarquent dans l'image colorée produite par le priſme, puiſque ces trois couleurs ne ſe décompoſent point, & que ces eſpéces de lumiéres ont des degrés de réfrangibilité qui les diſtinguent conſtamment des autres.

Mais, dira-t-on, ſi les couleurs réſident vraiment dans la lumiére du ſoleil, pourquoi ne les y voit-on pas naturellement & ſans le ſecours des priſmes ?

A cela, je réponds 1°. Qu'on les y voit en certains cas ; tout le monde ſait, par exemple, que quand on

a regardé pendant un inſtant le ſoleil en face, ſi l'on ferme les yeux, ou que l'on entre dans un lieu obſcur, il reſte des impreſſions de rouge, de jaune, de verd, de bleu, &c. qui ne peuvent avoir d'autre cauſe que les rayons ſolaires qui ont touché l'organe. Lorſque la lumiére du ſoleil introduite par un très-petit trou dans un lieu fort ſombre, ou réfléchie par un corps poli, forme un point très-lumineux, on y remarque des petits filets de toutes les couleurs, qui ſont comme une eſpece de houppe : on remarque encore les mêmes choſes dans beaucoup d'autres cas, pour peu qu'on veuille y faire attention.

2°. Il eſt vrai, que pour l'ordinaire, la lumiére du jour, & même celle qui vient immédiatement du ſoleil, en forme de rayons, ſe préſente à nos yeux ſans couleur ; c'eſt-à-dire, que l'impreſſion qu'elle fait, ne reſſemble à aucune de celles qu'on éprouve quand on la regarde après l'avoir fait paſſer par l'angle d'un priſme : elle ne reveille en nous, ni l'idée de rouge, ni celle du jaune, ni celle du bleu, &c. Sur cela, New-

XVII. LEÇON.

ton nous apprend que la lumiére en cet état, eſt un compoſé de ſes différentes eſpeces mêlées dans une juſte proportion, & que le brillant éclat dont elle frappe nos yeux, réſulte du mêlange exact de toutes les couleurs : l'impreſſion qu'elles font toutes enſemble, n'excite en nous aucune des idées qu'elles font naître ſéparément, comme dans les couleurs artificielles, le verd ne nous rappelle, ni le jaune, ni le bleu, dont il eſt compoſé ; comme dans l'uſage des autres ſens, la plupart des ſenſations mixtes laiſſe ignorer les cauſes particulieres qui y contribuent. Mais ce n'eſt point aſſez d'expoſer cette doctrine, il faut la prouver.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette expérience ſe prépare comme la premiere : il faut de plus avoir une bonne lentille de verre, qui ait 3 ou 4 pouces de diamétre, 7 à 8 pouces de foyer, & qui ſoit montée dans une chape avec une manche, pour être maniée plus commodément, *Fig.* 13.

A trois ou quatre pieds du priſ-

me, recevez les rayons réfractés perpendiculairement ſur le milieu de la lentille *IK*, & ayez un carton blanc que vous leur oppoſerez à différentes diſtances de cette même lentille, quand ils en ſeront ſortis.

EFFETS.

1°. Les rayons, en paſſant par la lentille *I K*, prennent la forme de deux cônes oppoſés par leurs pointes. Si l'on préſente le carton blanc depuis la lentille juſqu'au foyer *L*, l'image formée par la lumiére, va toujours en diminuant de grandeur, & demeure droite. Si l'on paſſe le foyer en continuant d'éloigner le carton; l'image devient de plus en plus grande; elle paroît renverſée : dans l'un & dans l'autre cas, elle a toutes ſes couleurs.

2°. Quand on arrête le carton juſtement en *L*, & qu'on tient ſa ſurface bien perpendiculaire à l'axe du cône de lentille, on ne voit deſſus qu'un petit cercle très-brillant & ſans couleur, comme on le verroit au foyer de la même lentille, expoſée immédiatement aux rayons du ſoleil.

XVII. LEÇON.

3°. Ce petit cercle perd une grande partie de ſon éclat, & reçoit des couleurs, lorſqu'on intercepte, avec le bord d'une carte à jouer, le quart ou la moitié des rayons réfractés, ſoit avant, ſoit après la lentille.

EXPLICATION

La forme que prennent les rayons en paſſant par la lentille, les décroiſſements de l'image depuis ce verre juſqu'à ſon foyer *L*, ſes accroiſſements après, ſont les effets ordinaires d'un corps réfringent, dont la figure eſt lenticulaire, & que j'ai expliqués ailleurs : nous avons vu précédemment auſſi, que les rayons de différentes eſpeces, étant une fois ſéparés, conſervent, & continuent de faire voir leurs couleurs, quoiqu'on les rapproche plus ou moins les uns des autres : ainſi la convergence qu'ils acquierent en traverſant l'épaiſſeur de la lentille, la divergence qui leur vient de leur croiſement au foyer, ne doivent pas décolorer l'image, mais ſeulement faire varier ſa grandeur & changer ſa ſituation, en faiſant paroître en haut les couleurs qui étoient en bas.

Ce qui doit principalement fixer ici notre attention, c'eſt que cette image reſſerrée dans un très-petit eſpace circulaire, y paroît ſans aucune couleur, & qu'elle reprend de nouveau toutes celles qu'elle avoit, lorſque les rayons qui la compoſent, commencent à ſe démêler & à s'écarter l'un de l'autre, après s'être croiſés. Les couleurs n'ont point été anéanties, puiſqu'elles reparoiſſent les mêmes, & dans l'ordre qu'elles ont coutume de garder entr'elles; leur diſparition au foyer, eſt donc l'effet d'une réunion parfaite, & d'un mêlange juſtement proportionné; cette derniere condition eſt eſſentielle, puiſque l'on voit par le 3e. réſultat de notre expérience, que la ſuppreſſion d'une partie des rayons colorés ne manque pas d'occaſionner une teinte très-ſenſible dans le petit cercle lumineux qui eſt en *L*.

Il paroît donc par les expériences précédentes, & par bien d'autres, que je ſuis obligé de ſupprimer ici, que les couleurs ſont véritablement des propriétés de la lumiére; qu'elles y réſident au nombre de ſept;

XVII. LEÇON.

ſavoir le rouge, l'orangé, le jaune clair, le verd, le bleu céleſte, le violet indigo, & le violet pourpre, avec toutes les nuances intermédiaires; que des différentes combinaiſons de ces ſept eſpeces, dépendent toutes les autres couleurs qu'on remarque dans la nature, & que leur mêlange complet & bien proportionné empêche qu'aucune d'elles ne ſoit apperçue.

Ces principes bien entendus & maniés avec intelligence, peuvent ſervir à expliquer tous les effets naturels qui ont rapport aux couleurs : on en voit grand nombre d'applications très-heureuſes dans l'Optique de Newton ; j'en vais rapporter quelques-unes des plus intéreſſantes.

APPLICATIONS.

Ce qui ſurprend, lorſque pour la premiere fois on regarde à travers un priſme quelqu'objet éclairé, c'eſt cette belle variété de couleurs vives dont il paroît bordé, & quelquefois comme chamarré en différents endroits de ſa ſurface. Voilà ce qui frappe au premier coup d'œil,

& bien des gens n'y voyent que cet effet ; mais un obſervateur attentif, y trouve encore d'autres remarques à faire.

Quand l'objet eſt grand & qu'il eſt vu de près, les couleurs ne paroiſſent qu'aux bords, au lieu que s'il eſt petit & vu d'un peu loin, comme une carte à jouer, par exemple, à 12 ou 13 pieds de diſtance, il eſt coloré dans toute ſa ſurface, comme l'image produite par le priſme, dans la premiere expérience.

Lorſque l'objet ne paroît coloré que par ſes bords, les côtés oppoſés le ſont différemment, l'un porte du rouge & du jaune, l'autre du verd, du bleu & du violet : & ſi l'axe du priſme eſt parallele à la ligne qui joint les deux yeux, ou qu'on le tienne verticalement en ne regardant que d'un œil, il n'y a que deux bords colorés ; dans le premier cas, ce ſont ceux d'en bas & d'en haut ; dans le ſecond, ce ſont les côtés montants : cela ſe voit tout au mieux, lorſqu'étant dans une chambre, on regarde en plein jour les carreaux de la fenêtre.

Enfin, ſi c'eſt un objet lumineux

XVII. LEÇON.

ſur un fond obſcur, les couleurs qui paroiſſent aux bords, ſont dans un ordre oppoſé à celui dans lequel on les voit, quand l'objet eſt obſcur ſur un fond clair : ſuppoſez que dans le premier cas, le rouge & le jaune ſoient en haut, le bleu & les violets en bas ; dans le ſecond c'eſt tout le contraire, quoique l'angle du priſme par lequel on regarde, demeure toujours tourné du même ſens.

On ſe rendra raiſon de ces effets, ſi l'on fait attention, que la lumiére réfléchie de deſſus les objets, comme celle qui vient immédiatement des corps lumineux, ſe réfracte & ſe décompoſe également, en paſſant par l'angle d'un priſme : car dès que les rayons qui apportent à l'œil du ſpectateur l'image d'un morceau de papier blanc ou de tout autre corps éclairé, ſe plient dans le verre les uns plus que les autres, c'eſt une néceſſité que cette image s'agrandiſſe dans un ſens, & qu'elle montre diſtinctement toutes les couleurs de ces rayons démêlés.

Si l'objet peut être compris dans l'angle que forment les rayons les

moins réfrangibles avec ceux qui le ſont le plus, je veux dire les rouges avec les violets, alors toutes les couleurs demeurent contiguës les unes aux autres ſans interruption ; mais s'il excede cet angle, les bords oppoſés paroiſſent ſeuls colorés, l'un en rouge & en jaune, l'autre en verd, bleu, & violet : l'eſpace qui eſt entre deux, ſe voit comme à la vue ſimple, parce qu'il s'y trouve des rayons de toutes les eſpeces, & dans une proportion aſſez grande, pour ne laiſſer ſentir aucune décompoſition de lumiére, pourvu néanmoins que la ſurface de l'objet ſoit uniformément illuminée ; car autrement les parties les plus claires ſont comme autant d'objets particuliers ; de chacun deſquels on peut dire tout ce que nous diſons d'un objet en général.

Pour mieux comprendre tout ceci, jettez les yeux ſur la *Fig.* 14. Soit *AB*, une des dimenſions de l'objet, ſa hauteur, par exemple ; ſans l'interpoſition du priſme *D*, l'œil placé en *C* appercevroit l'objet en queſtion, par tous les rayons directs compris entre *AC* & *BC*. Dès qu'on fait

XVII. LEÇON. paſſer cette pyramide de lumiére compoſée par l'angle du priſme, chaque eſpece de rayon va ſe réfracter ſuivant que ſa nature l'exige: de ſorte que ſi l'on en ſupprimoit cinq, & qu'il ne reſtât que les rouges, par exemple, & les violets, il ſe feroit deux pointes *E*, *F*, de ces mêmes couleurs, & l'œil qui ſe placeroit à portée de les recevoir, verroit l'objet grand comme *b c*, d'un rouge pur depuis *b* juſqu'en *d*, & d'un violet également homogene, depuis *a* juſqu'en *c*. Mais la différence de réfrangibilité de ces deux lumiéres, n'étant pas aſſez grande pour porter l'image *d c* tout-à-fait au-deſſus de l'autre *a b*, il eſt évident que l'eſpace *a d* paroîtroit ſous les deux couleurs, rouge & violet, ce qui le rendroit pourpre.

Ne ſupprimons plus maintenant les cinq autres eſpeces; faiſons-les paſſer avec celles-ci par l'angle du priſme *D*; au lieu de deux pointes *E*, *F*, il y en aura ſept dans les mêmes limites, & l'œil rapportera les images qu'elles lui feront ſentir, entre *b c*; mais dans des bornes plus étroites, de ſorte que l'eſpace *a d* participera

de toutes les couleurs : or, ce mêlange recompoſe la lumiére, & lorſqu'elle eſt en cet état, les couleurs diſparoiſſent de l'endroit qu'elle illumine. Il n'y a donc que les extrémités *b d* & *a c'*, qui demeurent colorées, parce qu'il n'y a que là, où les eſpeces ſoient aſſez démêlées, pour conſerver leurs couleurs.

En regardant un carreau de vitre ou quelqu'autre objet ſemblable, ſi l'on tient le priſme horizontalement, on ne voit des couleurs qu'aux bords d'en haut & d'en bas, parce que les réfractions ne ſe font que dans ce ſens; c'eſt-à-dire, que les rayons s'abaiſſent vers l'œil en ſortant du priſme, ſi l'angle réfringent eſt tourné en haut, & que s'il eſt en bas, c'eſt tout le contraire. Par la même raiſon, on ne voit des couleurs qu'aux deux côtés montants, quand la longueur du priſme eſt dans une ſituation verticale. Dans l'une & dans l'autre poſition, les bords colorés demeurent ſenſiblement droits; cependant ſi c'étoit un grand objet, quoique ſa longueur fût parallele à celle du priſme, il paroîtroit courbé en forme d'arc,

XVII. LEÇON.

parce que les rayons qui viendroient de ſes extrémités, tomberoient fort obliquement à l'axe du priſme, & ne feroient plus voir ces parties dans le même alignement avec celles du milieu, à cauſe de la réfraction latérale qu'ils ſouffriroient. On peut s'aſſurer de ce fait, en regardant avec le priſme, d'un lieu un peu élevé, la riviere, ou un canal bien éclairé & bien découvert, on aura le plaiſir de voir un *arc en terre* tout-à-fait ſemblable à celui que nous admirons au ciel en certaines circonſtances.

L'objet obſcur ſur un fond clair, fait voir à ſes bords des couleurs, dont les ſituations ne ſont pas telles qu'on les doit attendre de la réfraction reſpective des rayons; les rouges & les jaunes ſe placent en haut, les bleus & les violets en bas, lorſque par la poſition du priſme, on a lieu de compter ſur un arrangement tout oppoſé. Suppoſons par exemple, que *G H I K*, *Fig.* 15, ſoit un grand carton blanc attaché contre un mur, & qu'au milieu on ait collé un morceau de drap brun ou quelque choſe d'équivalent: ſi l'on regarde ce dernier objet avec un

priſme,

priſme, dont la longueur ſoit parallele à *G H*, & l'angle réfringent tourné en haut ; puiſque les rayons rouges & les jaunes ſont moins réfrangibles que les autres, ces deux couleurs devroient s'appercevoir au bord inférieur du morceau de drap, & le bord d'en haut devroit être bleu & violet. Il arrive cependant tout le contraire, parce que ces lumiéres réfractées & colorées, qui bordent l'objet qu'on a en vue, ne lui appartiennent pas ; elles viennent du fond clair ſur lequel il eſt attaché. Il faut conſidérer l'objet brun, comme placé entre deux objets blancs, & qui lui ſont contigus ; ces deux objets ſont la partie ſupérieure *G H*, *g h* du carton blanc, & ſa partie inférieure *i k*, *I K*. Le rouge & le jaune qu'on voit en *g h* avec le bleu &le violet qui bordent *G H*, colorent le premier ſelon les régles ; le bleu & le violet en *i k*, avec le rouge & le jaune en *I K*, font la même choſe pour le ſecond. Aucunes de ces couleurs ne doivent donc être attribuées au morceau de drap ; & c'eſt de cette maniere qu'on doit expliquer tous ces renverſements de

XVII. LEÇON.

couleurs qu'on croit voir, quand on regarde avec le priſme les différentes parties d'un vaſte champ, les endroits plus ou moins éclairés d'une grande ſurface, des arbres, ou l'horizon terminé par un ciel bien lumineux.

Un rayon du ſoleil tombant obliquement ſur la ſurface de l'eau qui remplit un verre à boire poſé ſur le bord d'une table, fait voir les couleurs primaſtiques à quelques pieds de diſtance au-delà, ce qui n'arrive pas ordinairement ou d'une maniere bien ſenſible, quand la lumiere qui a traverſé le vaſe, ne s'étend pas un peu loin après ſon émerſion.

La maſſe d'eau que traverſe le rayon ſolaire en pareil cas, eſt un véritable priſme, dont l'angle réfringent eſt vers le bord du vaiſſeau ; il doit donc produire des effets ſemblables à ceux d'un morceau de verre ſolide qui auroit cette forme ; mais comme les différents degrés de réfrangibilité des rayons ne les écartent les uns des autres que ſous des angles très-aigus, ce n'eſt qu'à une diſtance un peu grande du corps réfringent, qu'ils ſont aſſez démêlés pour paroître avec leurs

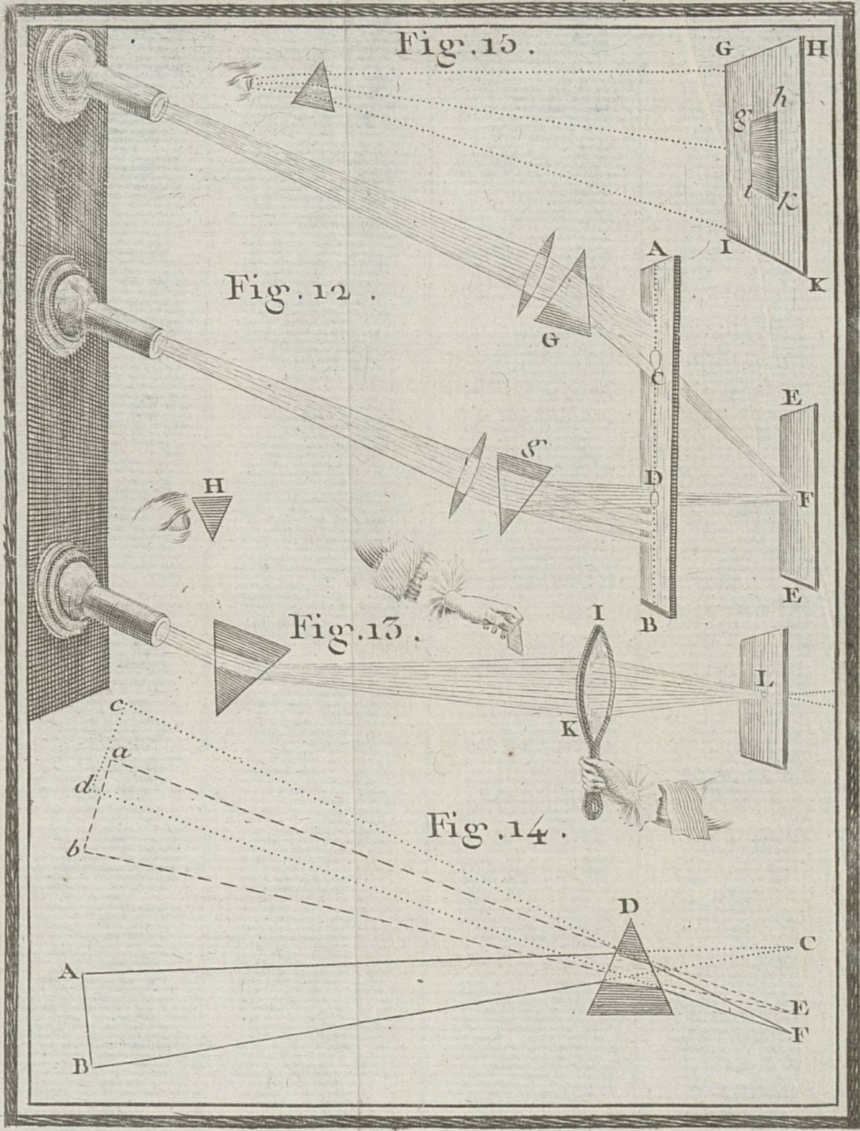


Fig. 15.
G
H
h
g
i
k
I
K
Fig. 12.
A
G
C
E
g
H
D
F
E
B
Fig. 13.
I
L
K
c
a
d
b
Fig. 14.
D
C
A
E
F
B

couleurs propres ; plus près du vaſe, il n'y a tout au plus que les bords de la lumiére émergente qui ſoient un peu colorés.

XVII. Leçon.

Les diamants & ſur-tout ceux qui ſont *brillantés*, lorſqu'on les plonge dans un rayon ſolaire, produiſent une infinité de petites images colorées, comme celles du priſme, & d'une vivacité admirable : cela vient du grand nombre de leurs facettes, qui forment entr'elles autant de petits priſmes : la lumiére incidente ſe partage en pluſieurs petits jets, qui ſe ſubdiviſent encore ſur toutes les faces diverſement inclinées du fond, & qui ſe réfléchiſſant de-là, ne manquent pas de ſe décompoſer en ſortant, s'ils ne l'ont pas été en entrant. Les couleurs ſont plus vives avec le diamant qu'avec le verre, parce qu'elles ſont mieux ſéparées, le premier de ces deux corps étant plus réfringent que l'autre, & parce que la tranſparence eſt auſſi plus parfaite. La lumiére des bougies produit les mêmes effets, quoiqu'avec moins d'éclat que celle du ſoleil ; voilà pourquoi les aſſemblées de nuit ſont ſi favorables aux paru-

XVII. LEÇON.

res dans leſquelles on fait entrer des pierreries ; des jets de lumiére directe, multipliés dans un lieu où la clarté eſt toujours moindre que celle du jour, rendent les effets dont nous parlons, & plus ſenſibles & plus fréquents.

J'ai dit au commencement de cet article que Newton, dans le temps qu'il cherchoit à perfectionner les teleſcopes composés de verre, en ſubſtituant à la convexité ſphérique une autre courbure plus propre qu'elle à raſſembler tous les rayons qui partent de chaque point de l'objet, avoit fait une nouvelle découverte, en conſéquence de laquelle il étoit impoſſible, avec quelque ſorte de verre que ce fût, de parvenir à cette parfaite réunion. Cette découverte eſt, que les rayons qui compoſent la lumiére, ſont inégalement réfrangibles, à incidences égales & dans le même milieu, comme je l'ai prouvé d'après ce Philoſophe. En effet, comme les verres ne réuniſſent les rayons qu'en les réfractant, les bleus & les violets ſe pliant plus que les autres en paſſant par une lentille, ſe joindront &

ſe croiſeront néceſſairement plus près du verre que les rouges & les jaunes, & l'on doit comprendre qu'il y aura toujours autant de foyers à la ſuite les uns des autres, qu'il y a d'eſpeces de rayons différemment réfrangibles; ainſi, lorſque pour conſtruire un inſtrument de dioptrique, on a beſoin de déterminer le foyer d'une lentille, on ne le peut faire que pour une eſpece de rayons à la fois, & ce point de réunion n'eſt certainement pas celui de toute la lumiére qui paſſe par le verre.

Newton ayant cherché & déterminé par le calcul la diſtance du premier de ces foyers au dernier (*a*),

(*a*) Le ſinus d'incidence de chaque rayon homogene, eſt en raiſon donnée à ſon ſinus de réfraction. La réfraction des rayons les moins réfrangibles, eſt à celle des plus réfrangibles, à-peu près comme 27 à 28. Le plus petit eſpace circulaire où les verres d'un téleſcope puiſſent raſſembler toutes ſortes de rayons paralleles, eſt la 55. partie de toute l'ouverture de ce verre.

Si les rayons de toutes les eſpeces venant d'un point lumineux quelconque dans l'axe d'une lentille convexe, ſont réunis par la réfraction en des points qui ne ſoient point trop éloignés de la lentille, le foyer des rayons les plus réfrangibles ſera plus près de la lentille, que celui

XVII. LEÇON.

prouva par l'expérience même, que le défaut qui en réſultoit, étoit ſenſible dans la pratique. Ayant pris un morceau de carton peint moitié en rouge & moitié en gros bleu, comme celui de notre Ve Expérience, il l'enveloppa pluſieurs fois ſuivant ſa longueur, avec un gros fil noir, qui formoit comme de groſſes lignes ſur les deux parties diverſement colorées. Il appliqua ce carton contre un mur, de maniere que ſa longueur étoit horizontale; il l'éclaira fortement pendant la nuit, en mettant un peu devant une groſſe chandelle allumée. A ſix pieds de diſtance de-là, il éleva verticalement une lentille de verre, large de quatre pouces, & capable de raſſembler les rayons réfléchis par les différents points du carton coloré, & de les faire converger vers autant d'autres points,

des rayons les moins réfrangibles; & la diſtance de l'un à l'autre eſt à la 27 $\frac{1}{2}$ partie de la diſtance entre le foyer des rayons de moyenne refrangibilité & la lentille, comme la diſtance entre le foyer, & le point lumineux d'où procédent les rayons, eſt à la diſtance entre ce point lumineux & la lentille à peu de choſe près, *Opt. de Newton, p.* 108 & 109.

à la même diſtance de ſix pieds de l'autre côté, & peindre ainſi l'image de cet objet ſur un papier blanc qu'il préſentoit en l'avançant tantôt plus, tantôt moins, & en obſervant quelle partie du carton coloré ſe peignoit diſtinctement. En procédant ainſi, il remarqua que pour avoir une image diſtincte & bien terminée de la partie rouge traverſée de lignes noires, il falloit porter le papier un pouce & demi plus loin de la lentille, que lorſque la partie bleue ſe peignoit de même; ce qui montre inconteſtablement que les rayons bleus ont leur foyer plus près que les rouges, en paſſant par la même lentille, & que l'objectif d'une lunette ne peut raſſembler dans un même endroit, qu'une partie de la lumiére qu'il reçoit, à moins que l'objet ne ſoit d'une des couleurs priſmatiques, rouge, jaune, verd, ou bleu, &c. (*a*)

(*a*) Depuis la premiere impreſſion de ce Volume, on eſt venu à bout de vaincre cette difficulté qui paroiſſoit inſurmontable, en compoſant l'objectif de la lunette avec deux matieres différemment réfringentes : cet ingénieux moyen fut imaginé & propoſé par M. Euler dès l'année 1747 : & l'on auroit joui bien

XVII. LEÇON.

De tous les phénomenes qui ont plutôt du ſuccès qu'il devoit avoir, s'il n'eût pas fallu pour cela regarder comme faux un fait garanti par une expérience de Newton, qui a montré tant de ſagacité & d'exactitude dans toutes celles qu'il a publiées. M. Klingenſtierna oſa franchir cette barriére en 1755, & détermina M. Dollond, ſavant Opticien de Londres, à refaire de nouveau cette importante épreuve, ſur la foi de laquelle on fondoit l'impoſſibilité de corriger l'aberration des rayons différemment réfrangibles, en conſervant une réfraction qui pliât ſuffiſamment la lumiére vers l'axe de la lunette; heureuſement il ſe trouva que Newton s'étoit trompé, & M. Dollond s'en étant bien convaincu, ſe mit à faire des objectifs composés de deux eſpeces de verres, qui lui ont très-bien réuſſi, & avec leſquels une lunette de cinq pieds de longueur équivaut en tout à une lunette de quatorze ou quinze pieds. Alors il ne reſta plus à deſirer qu'une théorie générale & sûre, qui déterminât les courbures des verres relativement à leurs différents degrés de réfringence reſpective pour des lunettes de toutes longueurs, & qui affranchît les Artiſtes de la néceſſité humiliante où ils euſſent été de copier ſervilement les ouvrages de M. Dollond; c'eſt ce qu'ont fait de la maniere la plus complette Meſſieurs Clairaut & Dalembert, aux Mémoires deſquels je renvoye le Lecteur. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* 1756, *pag.* 380; *&* 1757, *pag.* 524. Opuſcules de M. Dalembert, Tom. 3.

Ceux de mes Lecteurs qui ne ſeroient pas en état d'entendre les Mémoires que je viens de citer, pourront s'en tenir à la lecture de l'Hi-

rapport

rapport aux couleurs de la lumiére, il n'en eſt pas de plus beau, ni qui mérite plus notre curioſité & notre admiration, que ce grand arc qu'on voit briller au ciel, lorſqu'ayant le dos tourné au ſoleil, on regarde une nuée qui fond en pluie, & qui eſt éclairée par cet aſtre, élevé à une certaine hauteur ſur l'horizon (*a*). De tout tems on en a eu une haute idée; les hommes ſauvés du déluge univerſel, l'ont reçu & regardé comme un ſigne de paix de la part de Dieu : le Paganiſme en a fait une divinité ſous le nom d'*Iris* : les Poëtes l'ont célébré de toutes les maniéres (*b*); &

XVII. LEÇON.

ſtoire de l'Académie 1750, *p.* 112 *& ſuiv.*

Pluſieurs Amateurs & Artiſtes de Paris guidés par M. Clairaut, ont imité avec ſuccès les objectifs compoſés de M. Dollond; ce qui les embarraſſe le plus, c'eſt d'avoir des morceaux de verre aſſez grands & aſſez nets qui différent entr'eux par leur degré de réfringence, autant qu'il eſt néceſſaire.

(*a*) Le ſoleil ne produit l'arc-en-ciel que quand il eſt moins élevé que de 42 degrés ſur l'horizon.

(*b*) Dans preſque toutes les Poëſies galantes, on trouve le nom d'*Iris*, pour déſigner une beauté rare & touchante. Le P. Noceti, Jéſ. du Collége Romain, a fait ſur l'arc-en-ciel un poëme Latin très-élégant, que le P. Boſcowich ſon confrere a enrichi de Notes très-inſtructives.

XVII. LEÇON. les Philoſophes de tous les ſiécles ; ſe ſont efforcés d'en connoître & d'en expliquer les cauſes Phyſiques.

Antoine *de Dominis*, Archevêque de Spalato, qui écrivoit vers la fin du XVI. ſiécle, a raiſonné ſur *l'arc-en-ciel*, mieux que tous ceux qui l'avoient précédé, en attribuant ſa forme & ſes couleurs aux rayons du Soleil réfractés & réfléchis par les gouttes de pluie vers l'oeil du ſpectateur. Deſcartes (*a*) enchériſſant ſur les explications de ce ſavant Italien, éclaircit encore la matiere ; mais il étoit réſervé à Newton de la mettre dans ſon plus grand jour, en appliquant à ce phénomene, ſa découverte de la décompoſition de la lumiére, & de la réfrangibilité propre à chaque eſpece de rayon : c'eſt ſon ouvrage même qu'il faut lire & étudier, ſi l'on cherche des raiſons complettes & exactes de toutes les circonſtances ; je ne veux expoſer ici que ce que tout le monde peut entendre ; & pour cela, je ſuivrai la marche des deux premiers Phyſiciens que j'ai cité d'abord, en imitant,

(*a*) *De Meteoris.*

comme eux, les principales apparences de l'arc-en-ciel, par une expérience que voici.

XI. EXPERIENCE.

Preparation.

Il faut avoir une boule de verre creuſe & mince, remplie d'eau claire, à-peu-près ſemblable à celles qu'on met au bas des luſtres de cryſtal artificiel : on la ſuſpend par deux fils attachés à ſes poles, vers le fond d'une chambre, mais à telle diſtance de la fenêtre, & à telle hauteur, que les rayons du ſoleil puiſſent tomber deſſus : afin qu'on puiſſe l'élever plus ou moins, on fait paſſer les deux fils ſur deux poulies fixées au plancher, & l'on en fait pendre les bouts à portée de la main, comme on le voit par la *Fig.* 16. Enfin il faut ſe placer entre la fenêtre & la boule, à telle diſtance & à telle hauteur que les rayons qui reviennent de la boule à l'œil, puiſſent faire avec ceux qui vont du ſoleil à la boule, des angles, tantôt plus petits que de 40 degrés, tantôt un peu plus grands que de 54.

XVII. Leçon.

Effets.

Si l'angle *S F O*, *Fig.* 17. dont je viens de parler, eſt de 42 degrés 2 minutes, l'œil du ſpectateur placé en *O*, apperçoit un rouge fort vif dans la direction *O r*.

Si l'œil s'éleve davantage, ou que la boule s'abaiſſe tout doucement pour faire l'angle en queſtion de plus en plus petit, juſqu'à ce qu'il n'ait plus que 40 degrés 17 minutes, comme *S F B*, on apperçoit ſucceſſivement toutes les autres couleurs priſmatiques, le jaune, le verd, le bleu, &c. dans les directions *J i*, *B b*, &c.

Enfin, ſi l'on fait ce même angle de 50 degrés 57 minutes, la boule étant plus élevée, comme dans la *Fig.* 16. on voit le rouge dans la direction *O r*; & ſi l'on continue d'élever peu à peu la boule, juſqu'à ce que l'angle ſoit de 54 degrés 4 minutes, on voit ſuccéder toutes les autres couleurs, dans cet ordre, le jaune, le verd, le bleu, &c.

Explication.

Dans le premier cas, *Fig.* 17. le

trait de lumiére ſolaire *S s*, venant frapper la boule obliquement, ſe réfracte vers la perpendiculaire *p C*, & va heurter la ſurface intérieure du verre en *t*; une partie de cette lumiére, qui ne pénétre pas dans l'épaiſſeur du verre, eſt renvoyée vers *f*, l'angle de ſa réflexion devenant égal à celui de ſon incidence en *t*. Mais au lieu d'aller en droite ligne en *f*, elle ſe réfracte encore une fois, en s'écartant de *p C*, parce qu'elle paſſe obliquement de l'eau dans l'air; & comme ce trait de lumiére, quelque mince qu'il ſoit, eſt un aſſemblage ou un faiſceau de rayons différemment réfrangibles, le rouge qui l'eſt le moins de tous, ſe rend au point *O*, le jaune en *J*, le bleu en *B*, &c. ainſi pour appercevoir ſucceſſivement toutes ces couleurs, il faut de deux choſes l'une, ou que l'œil s'éleve d'*O* en *B*, ou que la boule d'eau s'abaiſſe d'autant; & alors l'angle formé par le rayon incident *S s* & le rayon émergent *v B*, eſt d'un degré 45 minutes plus petit que *S F O*.

XVII. LEÇON.

Si l'on conduit de même un jet de lumiére ſolaire *S s*, *Fig.* 16. à la par-

XVII. Leçon.

tie inférieure de la boule, que je ſuppoſe être plus élevée que dans le cas précédent, & qu'on examine la route qu'il doit tenir, en conſéquence des loix de la réfraction & de la réfléxion que nous avons établies ailleurs, on verra qu'il ſe réfracte d'abord pour aller en *d*, d'où ſe réflechiſſant vers *e* & de-là vers *g*, il eſt obligé de ſe réfracter une ſeconde fois, en ſortant de la boule pour rentrer dans l'air. Alors, comme dans le premier cas, il ſe décompoſe & ſe diviſe; le rouge moins réfracté que les autres ſe rend en *O*, les jaunes, les bleus, &c. en *J*, en *B*, &c. voilà pourquoi il faut ou abaiſſer l'œil, ou élever la boule, pour faire voir ſucceſſivement toutes ces couleurs. Et ſi l'on compare l'angle *SFB*, à *SFO*, on trouve qu'il eſt de 3 degrés 7 minutes plus grand.

Pour tirer de cette expérience une explication très-plauſible de l'arc-en-ciel, il n'y a qu'à comparer les gouttes d'eau qui tombent de la nuée, à la boule dont nous venons de parler; car les gouttes de pluie ſont d'une figure ſphérique ou à-peu-près, & la

grandeur n'eſt ici d'aucune conſidération. Puiſque cette boule en deſcendant de *D* vers *E*, *Fig.* 17, & en montant de *G* vers *H*, *Fig.* 16, fait voir ſucceſſivement les couleurs priſmatiques dans cet ordre, rouge, jaune, verd, bleu, violet, il eſt évident que ſi les deux eſpaces *E D*, *G H*, étoient remplis par deux ſuites de petites boules d'eau permanentes, on verroit à la fois deux rangs de couleurs, ſavoir de *D* en *E*, du rouge, du jaune, du verd, du bleu, du violet, & de même en montant de *G* en *H*. Et ſi l'on imagine de pareilles ſuites dans les circonférences de deux demi-cercles, dont l'œil du ſpectateur occupe le centre, on aura deux bandes ſemicirculaires, diverſement colorées, dont les largeurs ſeront égales à *E D*, & à *G H*, c'eſt-à-dire, proportionnées à la différence qu'il y a entre les rayons les plus réfrangibles & ceux qui le ſont le moins, & dont les couleurs ſeront dans des ſituations oppoſées.

Tout cela quadre, on ne peut pas mieux, avec ce que l'on obſerve dans l'arc-en-ciel : pour l'ordinaire il eſt

XVII. Leçon. double. Celui d'en bas dont les couleurs ſont les plus vives, eſt rouge en ſa partie ſupérieure; le jaune, le verd, le bleu, &c. le ſuivent en deſcendant: dans l'autre, au contraire, c'eſt le rouge qui borde l'intérieur, & les autres couleurs s'étendent en montant, *Fig.* 18. Celui-ci eſt moins brillant que le premier, parce que ſa lumiére ayant ſouffert une réflexion de plus, s'eſt affoiblie davantage.

On voit dans les *Figures* 16 & 17, les couleurs ſe préſenter à l'œil dans un ordre tout différent de celui dont je viens de parler, & qu'on obſerve aux deux arcs-en-ciel; mais il faut faire attention que c'eſt au ciel où nous voyons ces couleurs, & que nous les y rapportons par des directions qui ſe croiſent au points d'émergence *g*, *f*: ainſi nous voyons le rouge en *r*, le jaune en *i*, le bleu en *b*; de-là il arrive que le rouge paroît border extérieurement l'arc d'en bas, & intérieurement celui d'en haut.

Quant à la largeur des arcs, elle eſt plus grande dans l'un & dans l'autre, que ne la donnent les limites qui renferment tous les degrés de réfran-

gibilité des rayons hétérogenes ; il faut avoir égard au diamétre du Soleil, qui eſt d'un demi-degré à-peu-près. Newton détermine la largeur de l'Iris intérieure de 2 degrés 15 minutes ; celle de l'arc extérieur, de 3 degrés 40 minutes ; leur diſtance réciproque, de 8 degrés 25 minutes.

C'eſt par des raiſons ſemblables à celles que je viens d'employer, qu'on doit chercher à expliquer les couleurs qu'on apperçoit autour d'un jet d'eau que le vent agite & diviſe en pluie, lorſqu'il eſt éclairé du Soleil, & qu'on le regarde ayant le dos tourné à cet aſtre ; car on n'apperçoit pas cet effet dans toutes ſortes de poſitions ; & ſi l'on examine attentivement celle qui eſt néceſſaire, on verra que les angles formés par les rayons qui vont du Soleil au jet d'eau, & par ceux qui reviennent de-là à l'œil du ſpectateur, ſont aſſujettis aux conditions qu'exige l'arc-en-ciel.

On a vu quelquefois des cercles de lumiére colorée, par portions ou en entier, ſur une prairie qu'on regardoit d'un lieu un peu haut, quelque temps après le lever du Soleil. Ce

XVII. LEÇON.

ſont encore des effets de la lumiére réfractée & réfléchie par les gouttes de roſée, qui reſtent attachées à l'herbe pendant un certain tems. Pour connoître particuliérement la marche des rayons en pareil cas, il n'y a qu'à faire attention à la hauteur de l'aſtre ſur l'horizon, à la poſition de l'œil, aux pouvoirs réfractif & réflectif d'une goutte d'eau ſuppoſée à l'endroit où paroît le phénomene, & aux différents degrés de réfrangibilité des rayons qui compoſent la lumiére ſolaire. Enfin c'eſt encore aux réfractions que ſouffre la lumiére en paſſant par des gouttes d'eau, qu'on doit attribuer ces cercles colorés qu'on obſerve quelquefois autour du Soleil & de la Lune, puiſqu'on les imite en quelque façon, lorſqu'on place la flamme d'un flambeau ou d'une bougie derriere une vapeur d'eau un peu épaiſſe.

ARTICLE II.

Des couleurs conſidérées dans les objets & dans le ſens de la vue.

On ne peut pas nier que les corps ne contribuent en quelque façon aux

couleurs dont ils nous paroiſſent revêtus. Il ne ſuffit pas qu'un objet ſoit éclairé pourque nous le voyions blanc, jaune, ou verd ; quoiqu'il y ait dans la lumiére qu'il reçoit, tout ce qu'il faut pour le faire paroître tel à nos yeux, comme on l'a prouvé dans l'article précédent. Il faut encore qu'il y ait en lui quelque qualité ou diſpoſition qui le rende propre à réfléchir ou à tranſmettre certaines parties de cette lumiére, à l'excluſion des autres.

XVII. Leçon.

Je dis à réfléchir ou à tranſmettre certaines eſpeces de rayons ; car les corps que nous nommons colorés, ſont ou opaques ou tranſparents ; & la diſpoſition dont je parle, que peut-elle être ſinon dans les premiers une contexture particuliere de leurs ſurfaces, un certain arrangement de leurs parties ſuperficielles, & dans les derniers une poroſité qui ſoit analogue, ou par la grandeur ou par la figure, à telle ou telle eſpece de lumiére ?

Cette idée toute ſimple, peut ſuffire dans l'opinion de ceux qui attribuent à la lumiére un mouvement de tranſlation, qui tranſporte réellement les globules du corps lumineux aux

XVII. LEÇON.

objets viſibles, & de ces objets juſques à nos yeux : en comptant ſur une propagation de cette eſpece, on peut dire que les ſurfaces réfléchiſſantes ſont des aſſemblages de parties ſolides qui font rejaillir en avant la lumiére qui vient les heurter, & que les corps tranſparents ſont des eſpeces de cribles qui en laiſſent paſſer la plus grande partie ; & pour rendre raiſon des couleurs, on peut ajouter qu'en conſéquence d'une certaine proportion ou analogie, dans la ſuperficie des uns & dans la poroſité des autres, certains rayons plutôt, ou en plus grande quantité que les autres, ſont repouſſés ou tranſmis. La lumiere rouge, par exemple, de préférence ſe tamiſera à travers le rubis, & rejaillira de deſſus le cinabre ; la topaze & l'or feront la même choſe à l'égard des rayons jaunes ; l'émeraude & l'herbe des prairies à l'égard des verds, &c.

Mais ſi l'on demeure attaché au ſentiment de Deſcartes, & qu'on n'admette dans les rayons de lumiére qu'un mouvement de vibration communiqué de proche en proche aux globules qui les compoſent, ſans aucun dé-

placement de leur part ; ſi l'on penſe auſſi, comme nous, que la lumiere, ou plutôt ſon action, n'eſt pas réfléchie par les parties propres des ſurfaces, mais par celles de ſon eſpece qui en rempliſſent les pores & qui ſe préſentent à leur embouchure, il faudra ajouter à l'idée que je viens d'expoſer, pour expliquer les apparences des couleurs ; car à quoi ſerviroit de concevoir les corps tranſparents comme des cribles à lumiére, ſi ce fluide ſubtil n'avoit point de mouvement qui pût lui faire traverſer l'épaiſſeur de ces corps ?

Ajoutons donc cette hypotheſe, que non-ſeulement les ſurfaces réfléchiſſantes ont leurs pores remplis de lumiére, pour réfléchir celle qui tombe deſſus ; mais que cette lumiére, dans les ſurfaces colorées, eſt de telle ou telle eſpece, & capable par-là de recevoir & de rendre à des globules ſemblables le mouvement qui leur eſt propre. Ainſi la cochenille teint en rouge, non par elle-même, mais parce que ſes particules, diviſées & logées dans les pores de la laine, ſont comme autant de petites éponges abreuvées de lumiére rubrifique,

XVII. LEÇON.

propre à réagir contre une pareille lumiére, & ſur leſquelles les rayons d'une nature différente s'amortiſſent & s'éteignent, par le défaut d'une réaction convenable.

Concevons de plus les corps tranſparents qui ont des couleurs, non comme de ſimples cribles, mais comme des raiſeaux dont les mailles contiennent quelque eſpece particuliere de lumiére capable de recevoir & de tranſmettre au-delà le mouvement qui lui eſt communiqué par des rayons d'une même nature : les pores alignés d'une maſſe de vin, renferment donc des ſuites de globules rubrifiques, qui, frappés par une lumiére compoſée, ne reçoivent & ne tranſmettent que le mouvement qui appartient aux rayons de cette couleur.

Les ſurfaces parfaitement réfléchiſſantes, celles que nous nommons *miroirs*, & qui renvoyent toutes les eſpeces de lumiéres, ſéparément ou toutes enſemble, contiennent dans leurs pores, ainſi que les corps *limpides*, comme le verre, l'eau, &c. des globules de tous les ordres & dans une proportion ſemblable à celle que

la nature a obſervée dans la compoſition de la lumiére ſolaire : de-là vient, que ces corps ſont toujours prêts à repouſſer ou à tranſmettre l'action des rayons homogenes, ſéparés ou réunis.

Les ſurfaces blanches & les corps qui n'ont qu'une tranſparence imparfaite & ſans couleur, ne différent de ces derniers que du plus au moins ; c'eſt-à-dire, que la lumiére incidente s'y réfléchit, ou paſſe à travers avec déchet & irrégularité, ſoit par défaut d'alignement dans les pores, ſoit par une figure, une grandeur, un arrangement peu favorables des parties propres de ces corps.

Enfin, ce que nous nommons *ſombre*, *obſcur & noir*, n'eſt qu'une privation plus ou moins grande de la lumiere tranſmiſe ou réfléchie : ce qui vient de ce que les corps éclairés, qui nous paroiſſent tels, abſorbent ou éteignent l'action de la lumiére : cet effet, ſuivant l'opinion que j'expoſe ici, doit être attribué à ce que la lumiére qui remplit les pores, ſe trouve trop engagée parmi les parties propres des matieres qui

XVII. LEÇON.

la contiennent, & eſt incapable par-là de recevoir & de communiquer une grande partie du choc qui lui vient des rayons incidents.

Puiſqu'on n'eſt pas d'accord ſur la nature du mouvement dont la lumiére s'anime, & que bien des gens tiennent encore aujourd'hui pour la tranſlation ou émiſſion réelle des globules, je ne prétends donner tout ce que je viens de dire en dernier lieu, que comme une hypotheſe; mais qu'on l'embraſſe ou qu'on la rejette, par rapport à l'inhérence prétendue de la lumiére dans les corps, & à la maniere dont je ſuppoſe que l'action des rayons incidents ſe tranſmet par les milieux diaphanes, ou ſe réfléchit par les ſurfaces opaques, je ne crois pas qu'on puiſſe ſe diſpenſer d'en admettre la partie eſſentielle qui n'intéreſſe aucun ſyſtême, ou plutôt qui s'accommode à tous, je veux dire ce que j'ai avancé d'abord, que la couleur des corps naturels conſiſte principalement dans un certain arrangement, dans la figure particuliere & dans la ténuité plus ou moins grande de leurs parties, en tant que cela

cela les rend propres à réfléchir ou à réfracter plus ou moins la lumiére, & à les rendre viſible, ſous telle ou telle eſpece de rayons. XVII. LEÇON.

Newton, qu'on ne peut ſe diſpenſer de citer à tout inſtant dans cette matiere, après un grand nombre d'expériences & d'obſervations, maniées & examinées avec une exactitude & une ſagacité ſans exemple, s'en eſt tenu, pour expliquer les couleurs des corps naturels, à la ſeule épaiſſeur plus ou moins grande des petites lames ou particules qui les compoſent; il a porté ſur cela ſa théorie & ſes calculs ſi loin, que des commençants auroient peine à le ſuivre; il ne prétend pas moins que déterminer les degrés de ténuité que doivent avoir les parties conſtituantes des ſurfaces ou des épaiſſeurs, pour réfléchir ou réfracter telle ou telle eſpece de lumiére, pour faire qu'un corps vu par réflexion ou par transparence, nous ſemble rouge, jaune, ou bleu. D'où il ſuit qu'on pourroit auſſi juger de la grandeur de ces êtres (que les meilleurs microſcopes ſont encore bien éloignés de nous faire diſtinguer) par

la couleur ſeule de leur aſſemblage.

XVII. LEÇON.

Pour moi, en adoptant pour cauſe principale des couleurs dans les corps naturels, les différents degrés d'amincïſſement ou de ténuité de leurs parties, je n'en exclus, ni la figure de chacune d'elles, ni la contexture de leur aſſemblage, & je compte beaucoup ſur les variétés qui naiſſent delà dans leur poroſité. Voici dans l'Expérience ſuivante, une des principales preuves de Newton, qui peut m'en ſervir également.

I. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Prenez un verre de lunette qui ait une de ſes ſurfaces plane, & un autre verre qui ſoit très-peu convexe, tel que pourroit être l'objectif d'un téleſcope de trente pieds ou davantage; appliquez la convexité de celui-ci ſur le plan du premier, & ſerrez-les fortement l'un ſur l'autre avec les deux mains, mais de maniere que vous puiſſiez voir ce qui ſe paſſe entre les deux (*a*). Voyez la *Fig* 19.

(*a*) Au défaut d'objectifs de long foyer, on peut faire cette expérience en appuyant les

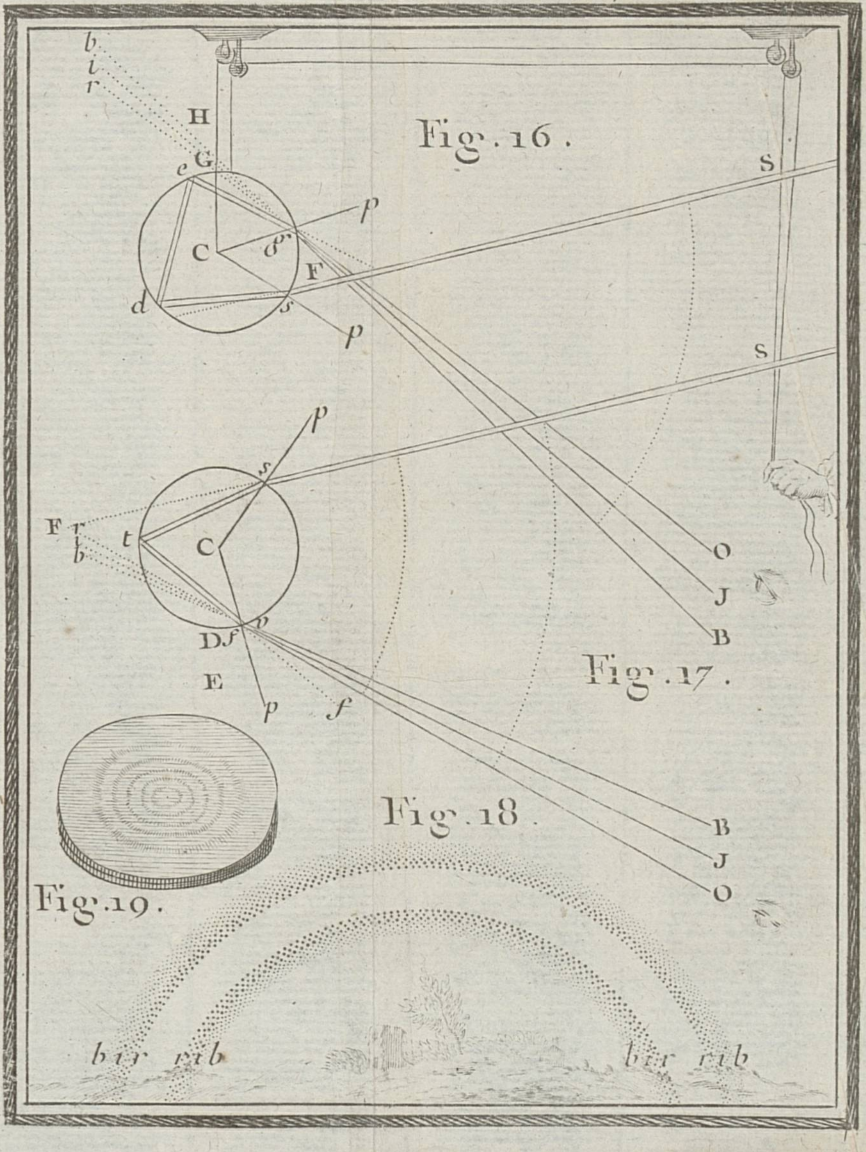


Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
b
i
r
H
G
e
C
F
d
s
p
S
O
J
B
t
Df
E
f
bir rib
bir rib

EFFETS.

Ces deux verres ainſi joints, étant poſés ſur quelque choſe d'obſcur, afin qu'il ne revienne aucune lumiére de deſſous, mais ſeulement celle qui peut être réfléchie, vous appercevrez au milieu, c'eſt-à-dire, à l'endroit où ils ſe touchent & ſe preſſent naturellement, une tache noire entourée de pluſieurs anneaux diverſement colorés & un peu ſéparés les uns des autres, par des intervalles d'un blanc ſimplement lumineux : voici l'ordre de ces couleurs, en commençant par le cercle le plus près de la tache ſombre qui occupe le centre : bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, pourpre, bleu, verd, jaune, rouge, verd, rouge. Quelquefois on en apperçoit encore d'autres, mais qui s'affoibliſſent tellement en approchant de la circonférence des verres, qu'ils ſont preſqu'imperceptibles.

côtés de deux priſmes l'un ſur l'autre ; car comme il eſt très-rare que leurs ſurfaces ſoient rigoureuſement planes, on peut compter qu'elles commenceront à ſe toucher par un point ou par un très-petit eſpace, comme les verres un peu convexes.

XVII. LEÇON.

Si vous tenez ces verres ainſi preſſés, de façon que vous puiſſiez recevoir dans l'œil la lumiére qui les traverſe, au lieu d'une tache noire ou obſcure au centre, vous appercevrez un petit eſpace circulaire d'une clarté ſemblable à celle que produit la lumiére du jour, en paſſant par un ſimple verre ; & les eſpaces qui ſéparoient les cercles colorés dont je viens de faire mention, vous paroîtront eux-mêmes des cercles colorés dans l'ordre qui ſuit : rouge, jaune, noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge, bleu, rouge, verd tirant ſur le bleu, &c.

EXPLICATION.

Entre les deux verres de notre Expérience, il reſte une petite lame d'air circulaire, qui va toujours en s'amincîſſant de la circonférence vers le centre, & qui manque entiérement à l'endroit du contact : quand on regarde les verres par deſſus, le milieu paroît comme une tache noire ou obſcure, parce que la lumiére paſſe en cet endroit, comme à travers d'un milieu homogene, les deux verres n'en faiſant qu'un, à cauſe de leur jonction

immédiate, & parce que cette lumiére rencontre au-deſſous un fond brun ou obſcur qui ne la renvoye pas. Ce qui prouve que cela eſt ainſi, c'eſt que ce même endroit des verres paroît clair & lumineux à quiconque regarde le jour à travers.

A compter de cet eſpace circulaire juſqu'à la circonférence des verres, la lame d'air qui eſt entre deux, augmente d'épaiſſeur imperceptiblement; & puiſque les couleurs des cercles qu'on apperçoit, tant par réflexion que par tranſparence, changent avec ces différents degrés de ténuité, il y a tout lieu de croire, que c'eſt delà principalement que dépend dans les corps le pouvoir qu'ils ont de réfléchir ou de tranſmettre telle ou telle eſpece de lumiere.

Si cela n'arrivoit qu'avec des lames d'air amincies de cette maniere, on pourroit attribuer à quelque qualité particuliere de ce fluide, la variété des couleurs dont il eſt ici queſtion; mais les émailleurs en ſoufflant du verre extrêmement mince, nous donnent occaſion d'appercevoir les mêmes effets dans les fragments qui

XVII. LEÇON.

ſe trouvent preſque toujours d'une épaiſſeur inégale ; & qui eſt-ce qui ne les a point vus & admirés dans ces boules légeres que forment les enfants avec un chalumeau de paille & de l'eau chargée de ſavon ?

Ce qu'on doit remarquer encore dans l'expérience des deux verres, c'eſt qu'en les ſerrant de plus en plus l'un ſur l'autre, on amincit à proportion les bords intérieurs de la lame d'air, & en même-tems on voit les cercles de couleurs s'éloigner du centre : on obſerve auſſi de pareils changements aux boules d'eau de ſavon, auſſi-tôt après qu'on les a formées, parce que la peſanteur entraînant la liqueur du haut en bas, amincit peu à peu les boules dans leur épaiſſeur à tout inſtant. Tout cela prouve de plus en plus que les couleurs ne tiennent point à la nature des corps, puiſque la même matiere les prend & les quitte ſucceſſivement, mais plutôt aux degrés d'aminciſſement des parties : puiſqu'avec cette condition on fait prendre les mêmes couleurs à différents corps.

II. EXPERIENCE.

Preparation.

Ayez 1°. un peu d'eſprit de vin dans lequel on ait fait infuſer à froid & pendant quelques moments, des feuilles de roſes, de façon que la liqueur n'en ait pas contracté une couleur ſenſible.

2°. Du ſirop de violettes étendu dans de l'eau claire à parties égales.

3°. De l'eau commune légérement chargée de vitriol bleu, de ſorte qu'elle n'ait qu'une couleur d'aigue-marine.

4°. Un peu de ſublimé corroſif fondu dans de l'eau bien nette, & qu'il faut clarifier enſuite, ſoit en la laiſſant repoſer, ſoit en la filtrant par le papier gris.

5°. De la teinture de tourneſol.

6°. De l'eau forte ou de l'eſprit de nitre.

7°. De l'huile de tartre par défaillance.

8°. De l'eſprit volatil de ſel armoniac.

9°. Cinq ou ſix petits verres à boire

XVII. LEÇON.

unis, d'une figure conique & bien tranſparents.

EFFETS.

Si dans la premiere de ces liqueurs vous faites tomber une goutte ou deux d'eau forte ou d'eſprit de nitre, elle devient tout-d'un-coup d'un beau rouge couleur de roſes.

En jettant de même un peu d'eau-forte dans l'infuſion de tourneſol, on change ſubitement ſa couleur bleue en un rouge couleur de feu.

Le ſirop de violettes devient verd, par l'addition de l'huile de tartre.

Ce même ſirop devient rouge, quand on y mêle de l'eau-forte.

Dans la ſolution de vitriol bleu, verſez un peu d'eſprit volatil de ſel armoniac ; vous aurez une liqueur d'un très-beau bleu.

Ajoutez-y peu à peu de l'eau forte, le bleu diſparoîtra, & vous verrez renaître la premiere couleur d'aigue-marine.

L'eau chargée de ſublimé corroſif, perd ſa limpidité & devient d'un rouge opaque de rouille de fer, par l'addition de l'huile de tartre.

Ce

Ce mêlange paſſe de la couleur rouge au-blanc de lait, quand on y ajoute de l'eſprit volatil de ſel ammoniac.

Enfin on lui rend ſa premiere limpidité, & l'on fait diſparoître toute couleur, en y verſant de l'eau-forte.

Il n'eſt pas néceſſaire que j'indique ici des doſes préciſes, pour tous ces mêlanges; ils ſe feront toujours avec ſuccès, ſi les liqueurs ſont bien préparées: il ſuffit de verſer doucement les unes ſur les autres, juſqu'à ce qu'on voie paroître l'effet qu'on attend.

Il eſt bon d'avertir auſſi, qu'il faut recueillir avec ſoin toutes ces liqueurs dans une jatte ou dans une cuvette après chaque expérience, pour les jetter dans un endroit où les animaux ni aucune perſonne ne puiſſent en être incommodés. L'eau-forte & ſur-tout le ſublimé corroſif, ſont des drogues dangereuſes.

EXPLICATION.

Toutes ces Expériences & une infinité d'autres ſemblables, qu'on trouve dans tous les livres de Phyſique & de

XVII. Leçon.

Chymie (*a*), peuvent ſe réduire à ces quatre effets principaux.

Le premier : on voit naître une couleur bien décidée, par le mêlange de deux liqueurs qui n'en ont point ſéparément l'une de l'autre.

Le ſecond : une couleur ſe change en une autre très-différente, par l'addition d'une liqueur qui n'eſt nullement colorée.

Le troiſieme : une liqueur limpide & ſans couleur, devient opaque & colorée, en ſe mêlant avec une autre liqueur limpide comme elle.

Le quatrieme : un mêlange qui a de la couleur & de l'opacité, perd l'une & l'autre, par l'addition d'une liqueur, laquelle à en juger par ſa limpidité & par la petite quantité qu'on en employe à cet effet, paroîtroit propre à partager ſimplement les qualités qu'elle detruit.

Tout cela me ſemble s'expliquer aſſez bien, par les principes que nous

(*a*) Quiconque ſera curieux de voir un plus grand nombre de ces expériences, pourra conſulter les Commentaires de M. Muſchembroek, ſur les expériences de l'Académie del Cimento, qu'il a traduites en Latin : *Tentamina Florentina* in-4°.

avons établis ou adoptés ci-deſſus. Si les liqueurs n'ont point de couleur avant que d'être mêlées enſemble, d'où peut leur venir celles qu'elles ont après le mêlange, ſinon d'un changement de poroſité, qui les rend propres à tranſmettre une eſpece particuliere de lumiere, au lieu de toutes ſortes de rayons qu'elles admettoient auparavant, & auxquels elles donnoient un paſſage libre ? & ſi l'on demande quelle eſt la cauſe de cette nouvelle poroſité, on peut répondre avec Newton, qu'elle vient de ce qu'une des deux liqueurs atténue les parties de l'autre & les rend plus minces, ou de ce qu'elle fait tout le contraire, en leur uniſſant les ſiennes; il eſt probable, par exemple, que l'eſprit de nitre, en qualité d'acide, diviſe les molécules du ſirop de violettes, & ouvre des pores tels qu'il les faut pour le paſſage des rayons rouges, tandis que l'huile de tartre faiſant un effet tout oppoſé, ne laiſſe des routes ouvertes que pour une lumiére plus foible de ſa nature, telle que celle dont les rayons ſont verds.

L'on peut apporter les mêmes rai-

XVII. LEÇON.

ſons pour le ſecond effet, & même pour le troiſieme ; car ſi la limpidité conſiſte dans l'alignement bien parfait des pores en tous ſens, & que cette diſpoſition dépende, comme on n'en peut pas douter, de la figure & de la ténuité des parties ſolides, il ne ſuffit pas, pour faire un mêlange tranſparent, que les liqueurs compoſantes ſoient limpides ſéparément ; il peut arriver que dans leur union, les molécules deviennent plus groſſieres, & s'arrangent tout autrement qu'auparavant ; & en voilà aſſez pour produire l'opacité : c'eſt ce qui arrive apparemment, quand on mêle avec la ſolution de ſublimé, l'huile de tartre ou l'eſprit volatil de ſel ammoniac.

Et ſi la limpidité renaît dans le mêlange, par l'addition de l'eau forte, c'eſt que cette liqueur acide déſunit les parties qui s'étoient liées enſemble, leur rend leur premiere ténuité, & l'arrangement régulier qui eſt néceſſaire pour compoſer une maſſe tranſparente & ſans couleur.

Applications.

Nous avons tous les jours ſous les

yeux des productions, des changements, des extinctions de couleurs, que nous ne pouvons attribuer raiſonnablement à d'autres cauſes, qu'à la nouvelle contexture des ſurfaces, ou à quelque mouvement inteſtin qui change la poroſité de la maſſe. Parcourons quelques-uns de ces effets, & choiſiſſons de préférence ceux qui ſont les plus connus.

Le papier teint en bleu ou en violet, devient d'abord d'un beau rouge qui pâlit peu de tems après, lorſqu'on paſſe deſſus un peu d'eau-forte affoiblie avec de l'eau commune; l'on voit à peu près la même choſe, quand on le touche avec quelqu'autre acide, comme le jus de citron, le vinaigre, l'eſprit de vitriol, la ſimple diſſolution de nitre, &c. Après les expériences rapportées ci-deſſus, il eſt aiſé de comprendre, que les parties colorantes qui tiennent à la ſurface du papier, étant livrées à l'action d'un acide, changent de grandeur & probablement de figure, & que par-là elles deviennent propres à réfléchir des rayons rouges plutôt que des bleus & des violets; & comme cette

XVII. LEÇON.

action dure un certain tems, avant que d'avoir tout ſon effet, le rouge qui paroît d'abord très-foncé & très-vif, arrive par pluſieurs nuances ſucceſſives, à une couleur plus pâle & plus languiſſante.

C'eſt ainſi que certaines matieres tachent les étoffes, en déſuniſſant les parties compoſantes de leur teinture; les endroits qui en ſont atteints paroiſſent ſous d'autres couleurs, & cela eſt ordinairement ſans remede : un moyen de prévenir ces effets en tout ou en partie, c'eſt, lorſqu'on en a le temps, de noyer dans beaucoup d'eau bien nette, la matiere qui doit les produire, encore faut-il que la teinture qu'on veut conſerver, ne ſoit pas de nature elle-même à céder à l'eau dont on veut laver l'étoffe.

L'attouchement du grand air, la lumiere du jour, les rayons du Soleil, l'action du feu, ſuffiſent pour altérer en peu de temps certaines couleurs tendres, comme le couleur de roſe, de citron, & quantité d'autres, qu'on nomme de *petits teints* à cauſe de leur peu de ſolidité. Il y a grande apparence que ces altérations viennent

pour la plupart, de ce que les drogues qu'on a aſſociées pour compoſer ces teintures, ſe déſuniſſent aiſément par toutes ces cauſes, ou que les parties colorantes, ſans ſe décompoſer, ſe détachent des ſurfaces qui s'en étoient chargées. Mais de l'une ou de l'autre facon, l'étoffe devient par-là hors d'état de réfléchir la même eſpece de lumiére qu'auparavant.

XVII. Leçon.

Parmi les effets de cette ſorte produits par l'action du feu, il n'en eſt guere de plus ſingulier ni de plus remarquable, que ce qui arrive aux écreviſſes, aux crabes, & à quantité d'autres poiſſons cruſtacées : à quoi peut-on attribuer ce beau rouge dont ils ſe teignent en cuiſant, ſinon à quelque changement de contexture ſuperficielle ? changement ſi délicat, & tellement imperceptible, que l'œil le plus fin, armé du meilleur microſcope, ne peut découvrir en quoi il conſiſte.

L'action de l'air à cet égard a auſſi des effets bien dignes d'attention ; ſans elle il y a tout lieu de croire que nous ſerions privés de ce beau verd qui nous flatte la vue d'une maniere ſi dé-

XVII. Leçon.

licieuſe dans nos campagnes & dans nos jardins, puiſqu'il ne vient point aux plantes qu'on tient couvertes, & puiſqu'on le fait perdre en peu de jours à celles qui l'ont, en les enveloppant ſeulement avec de la paille ou avec de la terre; car c'eſt ainſi qu'on fait blanchir le céleri, la chicorée, les cardons, &c. dans les potagers; & l'herbe qui commence à croître dans quelqu'endroit reſſerré & couvert comme ſous un banc, ſous une pierre, ou une tuile un peu ſoulevée, &c. ne montre que des jets blancs qui tirent ſur le jaune.

Mais l'air ne contribue pas ſeulement à la couleur verte, il ſemble qu'il ait auſſi grande part à toutes les autres, ſi l'on en juge par les obſervations ſuivantes.

On trouve ſur les bords de la mer, & ſpécialement ſur les côtes d'Aunis, quand la marée eſt baſſe, un petit limaçon qui a ſur le cou une groſſe veine d'un blanc tirant ſur le jaune, & l'on voit auſſi autour de ce coquillage des petits corps oblongs de la même couleur, & de la groſſeur à peu-prés d'un grain de froment; ſi l'on ou-

vre ou la veine ou ces eſpeces d'œufs dont je parle, il en ſort une liqueur épaiſſe un peu viſqueuſe, & qui reſſemble par ſa couleur à une eau ſale & épaiſſie; mais dès qu'elle a été expoſée quelques moments au grand air, elle devient d'un très-beau pourpre, & le linge qui en eſt taché, ne ſe déteint point au blanchiſſage ordinaire: voyez ſur cela un Mémoire très-curieux de M. de Réaumur, dans le volume de l'Académie des Sciences pour l'année 1711.

L'eau teinte avec l'orſeille (*a*) perd en très-peu de temps ſa belle couleur rouge, ſi elle eſt renfermée dans un vaiſſeau, & privée du contact de l'air libre; je dis de l'air libre, car il ſuffit pour cet effet, que l'orifice de la bouteille qui la contient, ſoit bien étroit, ſans être bouché, pourvu qu'on ne l'agite point. L'eau qui ſe déco-

(*a*) L'orſeille eſt une eſpece de lichen ou de mouſſe qui croît ſur les rochers. On la tire des Canaries, & en la préparant avec l'urine & l'eau de chaux, on en fait une pâte qui délayée dans de l'eau, ſert à teindre les étoffes communes de laine, comme les draps des troupes, les ſerges dont les gens de campagne s'habillent, &c.

XVII. LEÇON.

lore ainſi, demeure claire & ſans aucun dépôt apparent; mais elle eſt un peu jaunâtre. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'eſt qu'elle reprend ſa premiere couleur, auſſi-tôt qu'on y introduit de nouvel air; & ces alternatives peuvent ſe répéter autant qu'on le veut. Je fis cette petite découverte, en caſſant par accident un de mes thermometres conſtruits ſuivant les principes de M. de Réaumur; on ſait que la liqueur de ces inſtruments eſt un mêlange d'eſprit-de-vin & d'eau commune teint avec l'orſeille; celui que je caſſai avoit perdu toute ſa couleur, & je fus très-ſurpris de la voir reparoître, lorſque la liqueur fut répandue : j'appris par ce petit malheur, pourquoi nos thermometres ſont ſujets à ſe décolorer, & ce qu'on peut faire pour empêcher que cela n'arrive ſi-tôt, ou pour y remédier, quand cela eſt arrivé. Je ne purge point d'air la liqueur, comme je le faiſois auparavant; j'en laiſſe même un peu dans le haut du tube; & quand malgré cette précaution, la couleur a diſparu, je la fais revivre, en deſcellant le tube pour quelques

moments ; je lui donne ainſi de nouvel air, & je le referme enſuite à la maniere ordinaire.

Je remarquerai ici par occaſion, que parmi les productions de la nature, il y en a pluſieurs qui paſſent immédiatement de cette couleur blanche qui eſt un peu jaune, à ce beau rouge cramoiſi ou pourpre dont je viens de parler. Je n'en veux citer que quelques exemples, laiſſant au lecteur le ſoin d'en obſerver un plus grand nombre ; le ſang & le chyle des animaux different entr'eux par la couleur, à-peu près comme la liqueur du limaçon, dont j'ai parlé plus haut, differe d'elle même, après qu'elle a pris l'air. Les fruits qui rougiſſent en mûriſſant, ſoit en partie, comme la pêche, le brugnon, &c. ſoit en entier, comme la ceriſe, la groſeille, &c. nous montrent encore un paſſage immédiat de l'une de ces deux couleurs à l'autre, &c.

Après le verd & le rouge, je trouve encore que l'impreſſion de l'air contribue au bleu : je ſavois que l'eſprit volatil de ſel ammoniac tiroit du cuivre cette belle couleur ;

XVII. Leçon. & j'étois un jour fort ſurpris de voir qu'elle ne parût pas dans un petit tube de verre bien fermé que j'avois rempli de cette liqueur, & au fond duquel il y avoit pluſieurs petits morceaux de roſette (*a*). Après avoir attendu inutilement pendant pluſieurs jours, je ne fis que verſer le tout dans un petit vaſe ouvert que j'agitai un peu, & la teinture ſe fit parfaitement.

La cuve de paſtel, dans laquelle on trempe les étoffes de laine pour les teindre en bleu, ne contient qu'une liqueur verte; cette couleur diſparoît enſuite au grand air, & fait place à celle qu'on a eu intention de faire prendre à la piece de drap.

En y réfléchiſſant un peu, on trouvera quantité d'autres couleurs qui ſembleront dépendre de l'action de l'air : mais dans tous ces effets, eſt-ce ce fluide qui agit par lui-même? ou ſert-il ſeulement de véhicule à quelque matiere inviſible, qui ſoit la cauſe efficiente des changements que nous voyons? C'eſt ce que je n'ai pu décider clairement par rapport à la

(*a*) On appelle ainſi le cuivre rouge le plus pur.

teinture d'orſeille, après avoir fait bien des épreuves (*a*); & c'eſt ce qu'il nous importe peu de ſavoir ici; il ſuffit que nous apprenions par les exemples que je viens de citer, que l'air, en touchant les parties propres de certaines matieres, y cauſe des changements qui ne peuvent concerner que la figure, la grandeur, la ſituation reſpective de ces parties, ou la poroſité de la maſſe, & que de-là il réſute des réfléxions & des tranſparences, qui ne conviennent qu'à certaines eſpeces de lumiere.

La fermentation, par de ſemblables effets, change auſſi la couleur des liquides; avec le mêm e raiſin, on fait du vin qui eſt blanc ou rouge, ſuivant la façon qu'on lui donne: l'un ou l'autre devient jaune, ſoit en vieilliſſant, ſoit en s'évantant, ſi le vaiſſeau qui le contient n'eſt pas bien bouché.

On peut dire en général, que les mixtes dont les principes ne ſont pas bien fixes, ſont plus ſujets à changer de couleur que les matieres ſimples,

(*a*) Voyez les Mém. de l'Acad. des Sc. 1742. p. 216. & *ſuiv.*

XVII. Leçon.

s'il y en a, ou que les corps d'une compoſition plus ſolide, Car ſi l'on conçoit, par exemple, une ſurface qui paroiſſe verte, parce qu'elle renvoie une certaine quantité de rayons jaunes, & autant ou plus de rayons bleus, & que par évaporation ou autrement, elle perde peu-à-peu celles de ſes parties qui réfléchiſſent la premiere eſpece de lumiere, elle deviendra bleue, à meſure que le nombre des rayons de cette derniere eſpece augmentera, à proportion des autres. C'eſt ainſi que ſe font des taches bleues ſur une étoffe verte, quand on répand deſſus quelque matiere capable d'enlever le jaune qui eſt entré dans la compoſition de la teinture verte.

C'eſt par cette raiſon que les habiles Peintres compoſent leurs couleurs avec des poudres la plupart tirées des minéraux, & les moins ſuſceptibles de céder aux impreſſions de l'air, afin que la nuance qui réſulte de leur aſſemblage tienne plus long-temps; ceux qui, par ignorance ou par une mauvaiſe économie, en uſent autrement, ont le déſagrément

devoir dépérir leurs ouvrages en peu d'années, parce que quelque-unes des parties qui contribuent au ton de la couleur, ne ſont pas de nature à réſiſter comme les autres.

De ce qu'un corps tranſmet une eſpece de lumiere préférablement à une autre, il ſuit qu'on le peut appercevoir par réflexion, ſous une couleur différente de celle avec laquelle on le voit par tranſparence; & c'eſt auſſi ce que nous montre l'Expérience. L'or qui eſt d'un beau jaune par des rayons réfléchis de deſſus ſa ſurface, paroît verd, lorſqu'on l'amincit aſſez pour voir la lumiére à travers. L'infuſion de tourneſol eſt bleue, quand on la regarde de la premiere façon: de la ſeconde, on la voit rouge.

Bien ſouvent les corps apperçus de l'une ou de l'autre maniere, paroiſſent de la même couleur, comme nous le prouve l'inſpection des rideaux de taffetas rouges ou bleus, qui ſont toujours tels à nos yeux, ſoit que nous les regardions du dehors, ou du dedans de la chambre; c'eſt que le corps le plus diaphane ne tranſmet jamais toute la lumiere, même homogene,

XVII. Leçon.

qui ſe préſente à lui ; il en renvoie fort ſouvent une partie, qui rend ſa ſurface viſible.

Mais quand un corps eſt de nature à réfléchir des rayons d'une certaine eſpece, qu'arrivera-t-il, s'il n'eſt éclairé qu'avec une lumiere d'une autre eſpece ?

Ou il l'éteindra, n'étant pas du tout propre à lui conſerver ſon action, ou il en réfléchira une partie, ſans rien changer à ſa couleur ; & c'eſt ce qui arrive le plus ſouvent. Voilà pourquoi tous les objets d'un appartement ſe colorent en rouge, quand les rideaux des fenêtres ſont de cette couleur, & fortement illuminés ; c'eſt pour la même raiſon, qu'ils rendent les viſages pâles & ſemblables à ceux des mourants, s'ils ſont de taffetas verd.

Aprés avoir expliqué, en quoi conſiſte la couleur des corps naturels, comment ils ſont propres à réfléchir ou à tranſmettre les lumieres homogenes, il eſt à propos d'ajouter ici quelques mots touchant la tranſparence & l'opacité en général.

Puiſque l'or, qui eſt de toutes les matieres connues la plus denſe, devient

vient tranſparent, lorſqu'il eſt aminci jusqu'à un certain point, il eſt raiſonnable de penſer qu'il n'y a pas de corps, qui de ſa nature ſoit d'une opacité abſolue ; & comme nous voyons les corps les plus diaphanes tranſmettre d'autant moins de lumiere, que leur épaiſſeur augmente davantage, il ſemble qu'on peut dire auſſi, qu'il n'y a point de milieu parfaitement tranſparent, & qui ne puiſſe devenir opaque : il ne s'agit donc ici que d'une opacité & d'une tranſparence relatives & comparées ; il s'agit de ſavoir, comment un corps eſt plus opaque qu'un autre, ou pourquoi il eſt plus diaphane.

Je penſe d'après Newton, c'eſt-à-dire, en conſidération des raiſonnements & des obſervations ſur leſquels ce grand homme appuye ſon opinion, que, toutes choſes égales d'ailleurs, un corps eſt d'autant plus propre à tranſmettre la lumiére, que ſes parties ſont d'une denſité plus égale, & je le prouve par l'Expérience ſuivante, & par les obſervations que j'y ajouterai.

XVII. Leçon.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

Prenez une fiole de verre mince & bien tranſparent, d'une figure cylindrique, ou à peu près, d'environ un pouce de diametre, & de 7 à 8 pouces de longueur. Empliſſez-la juſqu'à moitié avec de l'eau bien claire, & verſez par-deſſus autant d'eſprit de térébenthine : après quoi, ſans la remuer, vous la boucherez avec du liege, ou autrement.

Effets.

Tant qu'on n'agite point la fiole, les deux liqueurs demeurent l'une ſur l'autre ſans ſe mêler, & chacune d'elles conſerve toute ſa tranſparence.

Si l'on ſecoue pendant quelques inſtants la bouteille, les deux liqueurs ſe mêlent, de maniere que l'eau ſe trouve interrompue par une infinité de petits globules d'eſprit de térébenthine, & tant que cela dure, le mêlange eſt opaque, & paroît d'un blanc mat.

XVII. Leçon.

Explication.

L'eſprit de térébenthine étant plus léger que l'eau, ſe tient au-deſſus quand on le verſe doucement, & qu'on n'agite point le vaiſſeau; & les deux liqueurs ainſi ſéparées, jouiſſent des qualités qui leur ſont propres, & par conſéquent, de leur tranſparence naturelle. Mais lorſque par l'agitation de la bouteille, la moins denſe des deux ſe diviſe en petits globules, qui interrompent la continuité de l'eau, cela forme un mêlange dont les parties ſont hétérogenes, quant à la denſité pour le moins, & alors la lumiere ſe perd en grande partie, par les réflexions & réfractions irrégulieres qu'elle ſouffre dans cette maſſe; & le reſte repouſſé & rebrouſſant chemin, fait voir le mêlange ſous une couleur blanche.

Applications.

A l'appui de l'Expérience que je viens de rapporter en preuve, je pourrois citer grand nombre d'effets, qui viennent viſiblement de la même cauſe. Pourquoi, par exemple, l'eau

XVII. LEÇON.

qui eſt battue par ſa propre chûte, par la roue d'un moulin, ou autrement; pourquoi le blanc d'œuf fouetté, & en général, tous les mucilages, ſont-ils opaques & d'une couleur blanche? N'eſt-ce point, parce que l'air qui s'y introduit en petits globules, & qui ſe trouve mêlé avec des matieres bien plus denſes que lui, compoſe avec elles des maſſes, dont les parties ſont fort différentes entr'elles par la denſité?

Au contraire, pourquoi le verre pilé, fêlé, ou dépoli, qui a perdu ſa tranſparence, la reprend-il, ainſi qu'une infinité d'autres matieres, quand on le mouille ſeulement avec de l'eau? Pourquoi le papier fait-il en quelque façon l'office de vitre, quand il eſt huilé? c'eſt, ſelon toute apparence, parce qu'on ſubſtitue à l'air qui eſt mêlé avec ces matieres, ou qui en remplit les pores & les inégalités, une liqueur dont la denſité approche plus de la leur.

Quand il fait froid, les glaces levées d'un carroſſe dans lequel on eſt, ſe terniſſent fort promptement, & empêchent qu'on ne diſtingue les

objets extérieurs. Cela vient de la transſpiration du corps, qui s'attache en forme de petites gouttes à la ſurface du verre : ces parcelles d'eau avec les cloiſons d'air qui les ſéparent, compoſent une couche de matiere fort hétérogene, quant à la denſité, & par-là très-peu propre à laiſſer paſſer la lumiere en droite ligne. Ce qui prouve bien que la glace ne perd ſa tranſparence que par cette cauſe, c'eſt que ſi l'on réunit les petites gouttes qui ſont deſſus, avec la main, ou en y paſſant légérement un mouchoir, tout-auſſi-tôt la glace mouillée d'une maniere continue reprend ſa premiere tranſparence: c'eſt même un moyen d'empêcher qu'elle ne ſe terniſſe davantage ; car l'humidité qui vient enſuite, ne fait que ſe joindre à celle qui eſt étendue, & ne prend plus la forme de gouttes.

Les brouillards qui troublent l'atmoſphere, & qui en diminuent conſidérablement la tranſparence, ſont des vapeurs groſſieres, dont les molécules ſont beaucoup plus denſes que celles de l'air : auſſi-tôt qu'elles ſe fondent, qu'elles ſe diviſent ou

XVII. LEÇON.

qu'elles s'amincissent, la clarté renaît dans le fluide qui les contient. On voit quelque choſe de ſemblable dans les diſſolutions chymiques : elles ne ſont cenſées parfaites, que quand elles ſont parfaitement claires ; juſques-là les gens de l'art penſent avec raiſon, que la matiere diſſoluble n'eſt point encore autant diviſée qu'elle doit l'être.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Caſſez en petits morceaux une noix de galle blanche, & mettez-la infuſer à froid dans de l'eau bien nette ; faites filtrer cette infuſion au travers d'un papier gris, & tenez-la dans une bouteille.

Faites diſſoudre un peu de vitriol de Mars dans de l'eau froide, & laiſſez repoſer cette diſſolution pendant 24 heures dans un petit vaſe de verre de figure cylindrique. Lorſqu'elle ſera bien claire, verſez-la doucement dans quelque vaiſſeau bien net, en inclinant peu-à-peu le verre qui la contient.

Ayez de plus, de l'eau-forte, & un petit verre uni, ſemblable à ceux de la IIe. Expérience.

EFFETS.

Quand on mêle enſemble parties égales d'infuſion de noix de galle & de diſſolution de vitriol de Mars, ces deux liqueurs, qui ſont naturellement claires & ſans couleur, forment un mêlange noir & opaque, comme de l'encre.

Si l'on y ajoute un peu d'eau-forte, la tranſparence revient telle qu'elle étoit avant le mêlange.

EXPLICATION.

Le vitriol de Mars eſt un minéral qui contient des parties ferrugineuſes: tant qu'elles nagent ſeules dans de l'eau claire, elles ne nuiſent pas beaucoup à ſa tranſparence; apparemment, parce qu'elles ſont d'une ténuité, d'une figure & d'un arrangement propres à donner le paſſage à toutes ſortes de lumieres: mais quand elles viennent à s'unir aux parties gommeuſes de la noix de galle, elles forment avec elles des mo-

XVII. LEÇON.

lécules plus groſſieres, configurées différemment, & qui ne s'arrangent plus de même; la maſſe liquide qui en réſulte, n'a plus les pores alignés, ni peut-être proportionnés, comme il faut qu'ils le ſoient, pour tranſmettre aucune ſorte de rayons; ceux qui la pénetrent, s'y perdent & s'y éteignent : voilà pourquoi elle eſt noire, de quelque façon qu'on la regarde.

L'eau-forte qu'on ajoute au mêlange, fait renaître la tranſparence, parce qu'elle s'empare des parties du vitriol, & qu'en les ſéparant de celles de la noix de galle, elle fait ceſſer un effet dont leur union étoit la cauſe.

Appications.

L'encre commune dont on ſe ſert pour écrire, n'eſt autre choſe eſſentiellement qu'une teinture de vitriol & de noix de galle, ſemblable à celle de notre Expérience, excepté qu'on la fait bouillir, & qu'on y ajoute un peu de gomme d'Arabie, ou quelque choſe d'équivalent, pour l'épaiſſir un peu, & empêcher quelle ne s'étende trop, ou qu'elle ne perce le papier.

papier. Toutes les fois que ces drogues ſe trouvent mêlées enſemble avec de l'eau, elles produiſent le même effet : ainſi, en les broyant dans un mortier, on peut avoir une poudre avec laquelle, en quelque endroit que ce ſoit, on fera de l'encre ſur le champ, en y mêlant un peu d'eau : cela peut avoir ſon utilité.

Mais puiſque l'eau-forte a rendu la tranſparence au mêlange de nos deux liqueurs, nous devons nous attendre qu'elle effacera l'écriture faite avec une encre de cette eſpece ; & en effet, c'eſt ainſi que certaines gens exercent leur mauvaiſe foi, en effaçant ſur des actes authentiques certains mots, & des dates qu'ils ont intérêt de ſupprimer ; & afin qu'on s'apperçoive moins de leur infidélité, ils n'employent que de l'eau-forte affoiblie avec de l'eau commune : ce qui ménage le papier, & leur donne lieu de ſubſtituer d'autres mots à ceux qu'ils ont fait diſparoître.

Les corps noirs, tant ſolides que liquides, ſont ordinairement les plus propres à intercepter la lumiere : c'eſt pour cela que les Aſtronomes

XVII. LEÇON.

enfument les verres à travers leſquels ils regardent le Soleil ; afin que l'œil ne ſoit pas bleſſé par le trop grand éclat des rayons. L'aſtre alors paroît d'un jaune tirant ſur le rouge, parce que, de toutes les eſpeces de lumiere qui en émanent, celles de ces deux couleurs ſont les plus fortes : elles percent des épaiſſeurs & des degrés d'opacité, dans leſquelles les autres s'arrêtent & s'éteignent.

C'eſt par la même raiſon, qu'en certains tems de brouillards, le Soleil nous paroît d'un rouge de ſang, & que nous le regardons en face, ſans que la vue en ſoit offenſée. La pleine Lune à ſon lever paroît preſque toujours ainſi, à cauſe de la grande quantité de vapeurs qui regnent ordinairement près de la ſurface de la terre, & qui arrêtant les rayons les plus foibles de la lumiere, je veux dire, les violets, les bleus, les verds, & une partie même des jaunes, ne nous laiſſe appercevoir la planete, que par les rouges qui ſont les plus forts, mêlés d'une petite quantité des autres. Quand le Soleil ſe couche derriere des nuages

qui ne ſont pas trop épais, ou dans des vapeurs groſſieres, ceux de ſes rayons qui ont la force de les percer, nous les teignent en rouge, & c'eſt toujours par la même cauſe.

Un moyen ſûr d'intercepter toute lumiere avec des corps tranſparents, c'eſt de lui en oppoſer deux, dont chacun ait une des couleurs primitives, fort différente de l'autre : par exemple, un verre rouge & un bleu poſés l'un ſur l'autre ; car puiſque le premier, à l'exception des rayons rouges, arrête toute eſpece de lumiere, même la bleue, & que le ſecond, qui ne pourroit laiſſer paſſer que des rayons bleus, intercepte tous les autres, ſans en excepter les rouges, c'eſt une néceſſité, que l'un & l'autre unis enſemble produiſent l'opacité la plus parfaite : & voilà pourquoi quantité de liqueurs colorées, quoique très-claires & très-tranſparentes, perdent cette qualité, dès qu'on vient à les mêler.

Ne ſeroit-ce pas pour quelque raiſon ſemblable, que les draps ſont d'un noir plus beau & plus ſolide, quand ils ont été teints d'abord en bleu ? car, ſi la laine eſt blanche ſous

XVII. LEÇON.

le noir, elle peut renvoyer des rayons de toutes les eſpeces, & les plus forts perçant la teinture noire de plus en plus, à meſure qu'elle s'affoiblira, lui donneront un ton rougeâtre; au lieu que ſi cette laine eſt bleue, il n'en peut revenir que des rayons foibles, qui auront beaucoup plus de peine à percer au travers du noir, & qui, s'ils perçoient, ne marqueroient pas comme les rouges.

Ayant conſidéré les couleurs dans la lumiere, & enſuite dans les corps naturels, l'ordre des matieres demanderoit, que nous les examinaſſions maintenant dans le ſens de la vue, par lequel nous en acquérons les idées; mais comme j'aurois peine à me faire entendre, avant que d'avoir fait connoître l'organe qui eſt le ſiege de ce ſens, je crois qu'il eſt à propos de terminer ici la IIIe Section, en différant ce qu'il me reſte à dire ſur les couleurs, juſqu'à ce que j'aie parlé des différentes parties de l'œil, & de leurs fonctions.

XVII. LEÇON.

IV. SECTION.

Sur la Viſion, & ſur les inſtruments d'Optique.

LA viſion des objets eſt l'idée que nous concevons d'eux, en conſéquence des impreſſions qu'ils font ſur nous, par le moyen de la lumiere. Une certaine partie du corps animé, qu'on nomme l'*œil*, eſt l'organe particuliérement deſtiné à recevoir ces impreſſions; tant qu'il eſt ſain, & dans ſon état naturel, l'uſage que nous en faiſons peut ſuffire à nos beſoins ordinaires; s'il eſt malade, ou que notre curioſité exige de lui ce qu'il ne peut faire, l'art vient à ſon ſecours, & lui offre des inſtruments, par le moyen deſquels il atteint à des objets que la nature ſembloit avoir mis hors de ſa portée.

Ce court expoſé annonce deux ſortes de viſion: ſavoir, 1°. celle qui ſe fait par le moyen des yeux ſeuls, & que j'appellerai *viſion naturelle*; 2°. celle qui eſt aidée ou augmentée par

XVII. Leçon. les inſtruments d'optique, tels que ſont les lunettes, les microſcopes, &c. & qu'on peut nommer *viſion artificielle.*

ARTICLE I.

De la viſion naturelle.

En parlant des différents mouvements de la lumiere, dans la ſeconde Section, j'ai repréſenté les rayons qui viennent à nous de tous les points de l'objet, comme autant de pinceaux ou de pyramides lumineuſes, qui ont pour baſe commune cette partie circulaire de l'œil, qu'on nomme la *prunelle.* Je me ſuis contenté de les ſuivre juſqu'à cette ouverture, ou, ſi j'ai parlé de leur prolongement au-delà, je n'ai eu égard qu'à leurs axes, que j'ai conſidérés comme de ſimples lignes. Si ces pyramides portoient leurs baſes juſqu'au fond de l'œil, elles y feroient de larges & foibles impreſſions, qui ne manqueroient pas de ſe confondre les unes avec les autres: différents points de l'objet viſible ſe feroient ſentir enſemble ſur une même partie de l'or-

gane, la viſion ſeroit par-là très-confuſe. L'Auteur de la nature a pris des précautions très-ſages, pour empêcher ce mauvais effet : chacune des pyramides dont il s'agit, n'eſt pas plutôt arrivée à l'œil, qu'elle s'y convertit en une autre pyramide oppoſée par ſa baſe à la premiere, & dont la pointe va toucher le fond de l'œil : par ce moyen la viſion devient claire, pour deux raiſons. Premiérement, parce que chaque impreſſion eſt plus forte, étant produite par tous les rayons de la pyramide réunis ſur un très-petit eſpace ; ſecondement, parce que toutes les impreſſions ſe font ſur différentes parties de l'organe, ce qui fait ſentir ſéparément tous les points de l'objet.

Mais comment la lumiere qui entre dans la prunelle, reçoit-elle cette nouvelle modification qui la rend convergente, de divergente qu'elle étoit? c'eſt ce merveilleux méchaniſme que je dois expliquer maintenant. Avant que de l'entreprendre, il eſt néceſſaire que je faſſe connoître les différentes parties de l'œil, puiſque c'eſt de leurs fonctions que dé-

XVII. LEÇON. pendent les effets dont j'ai à parler.

L'homme, & la plupart des animaux, (*a*) ont deux yeux placés à la partie antérieure de la tête : chacun de ces organes eſt une eſpece de globe, renfermé en partie dans une cavité oſſeuſe, qu'on nomme *orbite*, où il ſe meut en toutes ſortes de ſens par le moyen de ſix muſcles.

Ce globe eſt compoſé extérieurement de pluſieurs membranes, les unes ſur les autres, qui tirent leur origine d'un nerf qui vient du cerveau, & qui porte le nom de *nerf optique* : le dedans eſt rempli par trois humeurs de différentes conſiſtances, dont je parlerai ci-après.

Le nerf optique, ainſi que les autres, a trois parties principales, ſavoir, la *dure-mere* qui l'enveloppe extérieurement : la *pie-mere*, qui eſt comme une ſeconde enveloppe au-deſſous, & la moëlle, qui eſt une ſubſtance

(*a*) Je n'ai aucun égard ici aux différences qui ſe trouvent dans les yeux des animaux, quant à la conformation, à la poſition, ni au nombre ; je n'ai en vue que les yeux des animaux les plus grands & les plus connus, & principalement ceux de l'homme.

plus molle : ces trois parties ſe dilatent pour former le globe de l'œil, & portent différents noms. XVII. LEÇON.

La premiere, qui eſt une expanſion de la dure-mere, ſe nomme *ſclérotique* : ſa partie antérieure eſt tranſparente, comme la corne dont on garnit les lanternes, & ſaille un peu, comme une portion de ſphere plus petite que celle de l'œil, on l'appelle auſſi *cornée* ; & alors, pour diſtinguer ſes deux parties, on nomme la derniere *cornée tranſparente*, & l'autre *cornée opaque*.

La pie-mere, en s'épanouiſſant ſous la ſclérotique, forme la ſeconde enveloppe, qui porte le nom de *choroïde*, & qui ſe diviſe en deux lames, dont l'une parfaitement contiguë à la ſclérotique, ſe confond avec elle, près de la cornée tranſparente.

« La ſeconde lame de la pie-mere, » dit M. le Cat, dans ſon Traité » des Sens, p. 373. fait proprement » ce qu'on appelle *la choroïde*, ou » *l'uvée* ; mais cette lame n'eſt qu'un » tiſſu des vaiſſeaux nerveux & liquo» reux, qui ſortent de la ſurface in» terne de la premiere lame. Ces vaiſ-

XVII. LEÇON.

» ſeaux portent une encre qui donne
» la couleur noire ou brune à cette
» ſeconde lame. Une partie de ces
» vaiſſeaux & de ces nerfs s'ouvre à
» la face interne de cette lame, &
» y forme un tiſſu velouté, ou ma-
» millaire, chargé de l'encre dont je
» viens de parler. Ruiſch a fait une
» tunique particuliere de ce velouté,
» & on la nomme la ſeconde tunique
» de la choroïde : ce ſeroit, ſelon
» nous, la troiſieme que la pie-mere
» donneroit à l'œil : ſavoir, une
» vraîment membraneuſe unie à la
» ſclérotique ou cornée opaque, une
» vaſculaire appellée *choroïde*, &
» une veloutée appellée *tunique de*
» *Ruiſch.* »

Vers le bord de la cornée tranſparente, la choroïde ſe dédouble : ſa partie antérieure forme l'*Iris*, & ſa partie poſtérieure eſt ce qu'on nomme la *couronne ciliaire.*

L'iris eſt ce cercle coloré qu'on apperçoit ſous la cornée tranſparente, & au milieu duquel il y a un trou rond, qu'on nomme la *prunelle*, ou la *pupille*. Cette partie, dont la couleur change, ſuivant les différents in-

dividus, a des fibres muſculaires, dont les unes forment des cercles concentriques, & les autres ſont comme des rayons qui tendent au centre de la prunelle. Les yeux bleus, ſur-tout aux enfants, ont quelquefois ces dernieres fibres ſi apparentes, que le vulgaire croit y voir des cadrans, & les regarde comme une merveille.

XVII. LEÇON.

La couronne ciliaire embraſſe, & tient ſuſpendu vis-à-vis la prunelle, un corps tranſparent d'une figure lenticulaire, plus convexe vers le fond de l'oeil, que par-devant, & que l'on nommme le *cryſtallin*.

La partie médullaire du nerf optique s'épanouit auſſi, & produit ſous la choroïde une troiſieme membrane très-fine, baveuſe, qui tapiſſe tout l'intérieur de l'oeil, en ſe terminant à la couronne ciliaire: c'eſt ce qu'on nomme la *rétine*.

Toutes les parties que je viens de décrire, partagent l'intérieur du globe de l'oeil en trois *chambres*: la premiere eſt compriſe entre la cornée tranſparente & l'Iris: la ſeconde entre l'Iris & le cryſtallin, qui forme

XVII. LEÇON.

avec la couronne ciliaire une eſpece de cloiſon. Ces deux premieres chambres communiquent enſemble par la prunelle, & renferment une liqueur claire comme de l'eau, & qu'on nomme pour cela l'*humeur aqueuſe*. La troiſieme chambre, beaucoup plus grande que les précédentes, eſt compriſe entre le cryſtallin & le fond de l'œil: elle contient une ſubſtance très-lympide, qui eſt d'une conſiſtance aſſez ſemblable à celle de la gelée de viande: on l'appelle l'*humeur vitrée*.

On doit donc concevoir, que le cryſtallin enchâſſé dans la couronne ciliaire, ſe trouve ſuſpendu vis-à-vis de la prunelle, entre l'humeur aqueuſe & l'humeur vitrée; & que toutes ces petites fibres, qui tiennent ainſi à ſa circonférence, ſont des productions de la choroïde, laquelle appartient elle-même à la pie-mere, ſeconde enveloppe du nerf optique.

Le globe dont je viens de faire la deſcription, ſe meut, comme je l'ai déja dit, dans l'orbite; & pour ſe conſerver, il a par-devant deux eſpeces de rideaux, qu'on nomme *paupieres*, que l'animal peut ouvrir & fer-

mer à ſon gré, & qui ſont bordés d'une frange de poils, pour en écarter les petits corps étrangers, ou les inſectes qui voltigent dans l'air, & qui pourroient nuire à cet organe ſi précieux & ſi délicat.

Ce que je viens d'expoſer ici touchant les parties de l'œil, me ſuffit pour faire entendre ce que j'ai à dire ſur le méchaniſme de la viſion. Si l'on en veut ſavoir davantage, on peut conſulter les Auteurs Anatomiſtes, qui ont traité cette matiere dans toute ſon étendue : il y en a un grand nombre ; mais ſur les organes des ſens, l'ouvrage de M. le Cat que j'ai cité ci-deſſus, me paroît un des meilleurs, par ſa netteté & ſon exactitude.

La nature & la conſtruction de l'œil étant connues, voici en gros comment on peut concevoir que les objets extérieurs font impreſſion ſur cet organe, & de quelle maniere leurs différentes parties ſe font ſentir, quand elles ſont à une diſtance convenable & ſuffiſamment illuminées.

Le cryſtallin étant par ſa figure & par ſa tranſparence tout-à-fait ſem-

blable à une lentille de verre, & ſe trouvant placé entre des milieux d'une denſité moindre que la ſienne, doit avoir des effets ſemblables à ceux d'un verre lenticulaire placé dans l'air, ou dans l'eau : or la Dioptrique nous apprend, qu'un tel verre, dans ces circonſtances, raſſemble dans un foyer les rayons paralleles ou peu divergents qu'il reçoit : d'où je conclus qu'une pyramide de lumiere, qui, partant d'un point lumineux *A*, *Fig.* 1. placé à une certaine diſtance, viendroit tomber ſur le cryſtallin *C*, pourroit, après s'y être réfractée, tant en entrant, qu'en ſortant, ſe raſſembler en *a* au fond de l'œil, & faire dans ce petit endroit, toute l'impreſſion qui ſe feroit diſtribuée ſur un bien plus grand eſpace, ſi les rayons qui compoſent cette pyramide, n'avoient pas été réfractés par le cryſtallin.

Je conçois encore, que ſi deux pyramides ſemblables à la précédente, viennent des extrêmités & du milieu d'un même objet, appuyer leurs baſes ſur la ſurface du cryſtallin, comme *AC*, *BC*, *DC*, *Fig.* 2. non-

ſeulement chacune d'elle ſe raſſemblera dans un point *a*, *b*, ou *d*; mais, que ces points de réunion ſeront ſéparés & diſtincts l'un de l'autre, & qu'ils ſe rangeront au fond de l'œil, dans un ordre oppoſé à celui des parties de l'objet, d'où viennent les rayons. Ce qui m'apprend 1°. pourquoi les impreſſions faites ſur l'organe par la lumiere qui procede des différents points de l'objet viſible, ne ſe confondent pas les unes avec les autres: 2°. comment l'image de l'objet, qui réſulte de ces impreſſions, ſe trouve renverſée dans l'œil.

Voilà ce que nous devons penſer des fonctions de l'œil, en raiſonnant ſuivant les principes qui ont été établis dans le premier & le troiſieme article de la ſeconde Section. Ces principes ſont ſi certains, que quand nous n'aurions pas d'autres garants, on pourroit compter en toute ſûreté ſur ce que je viens d'expoſer; mais joignons l'expérience à la théorie, & faiſons voir par une imitation de l'œil, que les effets de la lumiere y ſont tels que je les ai conçus.

XVII. Leçon.

I. EXPERIENCE.

Preparation.

L'inſtrument repréſenté par la *Fig.* 3. eſt une boîte de bois ronde & groſſe à peu-près comme celles dans leſquelles on renferme les ſavonettes : elle eſt portée ſur un pied, pour être maniée & poſée plus commodément.

Cette boîte eſt percée de deux trous ronds, diamétralement oppoſés, dont l'un qui a un pouce & demi de diametre, eſt recouvert avec un papier huilé, & l'autre reçoit un petit tuyau de bois d'un pouce de diametre & cylindrique extérieurement, qui n'a qu'un pouce au plus de longueur.

Ce tuyau a intérieurement la forme d'un cône tronqué, & porte à ſon extrémité la plus étroite un petit verre lenticulaire, dont le foyer eſt à peu-près à la diſtance du papier huilé; de ſorte qu'on peut l'y faire arriver juſtement, en faiſant avancer un peu ou reculer le petit tuyau.

Si

EFFETS.

XVII. LEÇON.

Si placé dans un lieu un peu obſcur, on tient l'inſtrument de maniere que le verre ſoit tourné vers quelque objet bien éclairé, & qui ne ſoit éloigné que de 30 ou 40 pas, on voit cet objet peint avec toutes ſes couleurs très-diſtinctement ſur le papier huilé, & dans une ſituation renverſée.

EXPLICATION.

Ces effets étant parfaitement conformes à ce que nous avons ſuppoſé qui arrive dans l'œil, en raiſonnant d'après la théorie, & l'inſtrument employé dans notre expérience imitant l'organe de la viſion dans ſa partie eſſentielle, on peut regarder ce que j'ai expoſé plus haut, à l'aide des Figures 1. & 2. comme une explication anticipée des réſultats qu'on vient de voir, & ces réſultats comme des preuves complettes, de ce que la théorie nous avoit fait prévoir; mais comme l'œil artificiel dont nous avons fait uſage, ne peut imiter que fort imparfaitement l'organe de la

XVII. LEÇON.

vue, il nous reſte encore des remarques importantes à faire ſur la viſion, dont on trouvera le détail ci-après.

APPLICATIONS.

La cornée avec l'humeur aqueuſe qu'elle recouvre, forme un corps tranſparent d'une ſurface convexe, & d'une denſité plus grande que celle de l'air: de-là réſultent des effets avantageux; cette partie de l'œil, à cauſe de ſa figure, & du pouvoir réfringent qu'elle a, fait entrer dans la prunelle des rayons qui n'y entreroient point ſans cela: une partie de ceux qui tomberoient ſur l'Iris, deviennent, ou moins divergents, ou pararleles, en ſe réfractant vers *p*, *Fig.* 1. & par cette raiſon, ils entrent en plus grande quantité dans la prunelle, & font voir l'objet plus clairement. De plus, cette même partie de l'œil, à cauſe de la ſaillie qu'elle a, procure à la vue une plus grande étendue. Il eſt aiſé de comprendre, que ſi la cornée étoit plane, & à fleur de l'orbite, l'animal ne verroit que les objets qui ſeroient directement placés devant lui; il

faudroit qu'il tournât la tête à tout inſtant pour appercevoir les autres ; au lieu qu'étant arrondie & ſaillante, elle fait voir diſtinctement ce qui eſt devant l'œil, & appercevoir au moins confuſément, ce qui eſt ſur les côtés, juſqu'à une certaine diſtance.

L'humeur aqueuſe, s'il eſt vrai, comme on le dit, que ſon degré de réfringence ſoit égal, ou à peu-près, à celui de l'eau, eût été ſans effet pour les poiſſons ; la réfraction de la lumiere n'auroit commencé qu'au cryſtallin ; & s'il eût été reculé comme dans les autres animaux, leur vue n'auroit pas eu cette étendue latérale dont je viens de parler. La nature leur a procuré cet avantage, en leur donnant un cryſtallin d'une figure ſphérique, d'une conſiſtance plus grande, ſaillant comme notre cornée, & une prunelle très-ouverte. Son intention n'a point été, comme on le croit communément, de ſuppléer, par la ſphéricité du cryſtallin, à la quantité de réfraction qui manque, par la ſuppreſſion de l'humeur aqueuſe : il eſt démontré qu'une

XVII. Leçon.

lentille formée de deux ſegments, raſſemble les rayons plus près du point de leur incidence, que ne le peut faire la ſphere entiere, dont elle fait partie.

La lumiere n'a pas toujours le même degré d'intenſité : elle eſt tantôt plus forte, tantôt plus foible, ſuivant la nature des corps qui nous l'envoyent, & la quantité des obſtacles qu'elle rencontre ſur ſa route : d'ailleurs, il y a des yeux plus ſenſibles les uns que les autres à ſes impreſſions ; il étoit donc néceſſaire, pour ménager l'organe, que nous puſſions meſurer à notre gré la quantité des rayons qui pénetrent dans l'œil ; & c'eſt ce que nous faiſons ſans nous en appercevoir, en étréciſſant ou en dilatant la prunelle. Ces mouvements ſe font par l'action de ces petits muſcles, dont nous avons dit que l'Iris eſt compoſée : le premier, par la contraction des fibres circulaires ; le ſecond, par celle des fibres droites qui tendent à un centre commun ; & quand cela ne ſe fait point aſſez promptement, nous en reſſentons quelques incom-

modités, comme lorſque nous paſſons ſubitement d'un lieu fort obſcur dans un autre très-éclairé, ou tout au contraire. Dans le premier cas, le grand jour nous éblouit & nous fait mal aux yeux; dans le ſecond, nous ſommes quelque temps ſans voir les objets; nous ne commençons à les diſtinguer, que quand la prunelle s'ouvre davantage.

On conçoit facilement, par tout ce que nous avons dit dans la Dioptrique, touchant les effets des lentilles diaphanes, que le cryſtallin eſt capable de raſſembler, comme dans un point, ſur le fond de l'œil, tous les rayons qui partant d'un même point de l'objet, arrivent à ſa ſurface antérieure; mais on ſait auſſi par les mêmes principes, que ce point de réunion doit être plus ou moins éloigné de la lentille, ſelon que les rayons incidents ſont plus ou moins divergents entr'eux; & comme cette divergence diminue à meſure qu'on augmente la diſtance entre l'objet & l'œil, on demande, comment il ſe peut faire que la viſion ſoit diſtincte, quand on regarde de plus près & de plus loin.

XVII. LEÇON.

Cette difficulté eſt réelle & bien fondée. Il eſt sûr que ſi des rayons divergents comme *Ab*, *Ad*, *Fig.* 4. en paſſant par les humeurs de l'oeil, s'y réfractent préciſément autant qu'il le faut pour ſe réunir à la diſtance *DD*, où l'on ſuppoſe le fond de l'oeil ; d'autres rayons plus divergents, comme *Bb*, *Bd*, ſi rien ne change dans cet oeil, doivent ſe réunir plus loin, en *e*, par exemple ; & au contraire, ceux qui ſeroient moins divergents que les premiers, comme *Cb*, *Cd*, ſe croiſeroient avant que d'arriver à la diſtance *DD*, comme on le voit en *f*. Dans ces deux derniers cas, la viſion ſeroit confuſe, parce que l'impreſſion de la lumiere, au lieu de ſe faire ſur des points de l'organe, ſe feroit dans des cercles d'une étendue ſenſible, qui anticiperoient les uns ſur les autres. Comme il y a des limites aſſez grandes entre leſquelles cela n'arrive pas (*a*), les Opticiens s'y

(*a*) M. Jurin qui a publié une excellente Diſſertation ſur la viſion diſtincte, prétend que le commun des hommes, dans le moyen âge, voit diſtinctement les petits objets qui ne ſont pas plus près que 6 ou 8 pouces de l'œil, ni plus éloignés que 14 pieds : *Eſſay on diſtinct*

ſont pris de différentes manieres, pour en rendre raiſon.

XVII. Leçon.

Les uns prétendent que le globle de l'œil, par l'action des muſcles extérieurs, change de figure au beſoin; qu'il s'alonge, pour voir diſtinctement les objets qui ſont trop près de lui; qu'il ſe racourcit au contraire, pour ceux qui ſont trop éloignés. Si cela eſt, il ne faut pas chercher d'autres raiſons: il eſt certain, que ſi le fond de l'œil *DD* peut ſe reculer juſqu'en *e*, & ſe rapprocher juſqu'en *f*, les trois ſortes de rayons incidents, que nous avons ſuppoſés plus haut, pourront s'y réunir auſſi parfaitement qu'il eſt poſſible. Mais en conſidérant d'une part, les limites de la viſion diſtincte, & les différents degrés de divegence qu'elles permettent aux rayons incidents; & de l'autre, en ſommant les effets que peuvent avoir ſur la lumiere les humeurs de l'œil, en

and indiſtinct viſion. Le Docteur Porterfield, dans les eſſais de Médecine d'Edimbourg, t. IV. détermine ces limites entre 6 pouces & 27 pouces: Il doit y avoir ſur cela bien des variations, ſuivant la différence des yeux, &c.

vertu de leurs pouvoirs réfractifs(*a*), on trouve qu'il n'eſt pas vraiſemblable, ni même poſſible, que le globe s'alonge & ſe racourciſſe autant qu'il faut le ſuppoſer, pour ſatisfaire entiérement à la queſtion dont il s'agit (*b*).

Les autres penſent que le cryſtallin peut s'avancer ou ſe reculer, par l'action des ligaments ciliaires que l'on regarde auſſi comme des petits muſcles : cela ſeul fourniroit encore une explication ſatisfaiſante, ſi les mouvements qu'on ſuppoſe au cryſtallin, pouvoient faire varier la diſtance qu'il y a entre lui & le fond de l'œil, autant que l'exige la différence de celles auxquelles les objets ſe voyent diſtinctement ; mais il

(*a*) Selon M. Jurin, le ſinus d'incidence pour la lumiere qui paſſe de l'air dans l'humeur aqueuſe, eſt au ſinus de réfraction, comme 4 à 3 ; pour celle qui paſſe de l'humeur aqueuſe dans le cryſtallin, comme 13 à 12 ; & pour celle qui paſſe du cryſtallin dans l'humeur vitrée, comme 12 à 13. *Eſſay on diſtinct and indiſtinct viſion.*

(*b*) Si l'on admet les limites de la viſion diſtincte établies par M. Jurin, il faudroit que l'axe de l'œil devînt d'un dixieme plus long que dans l'état naturel.

eſt

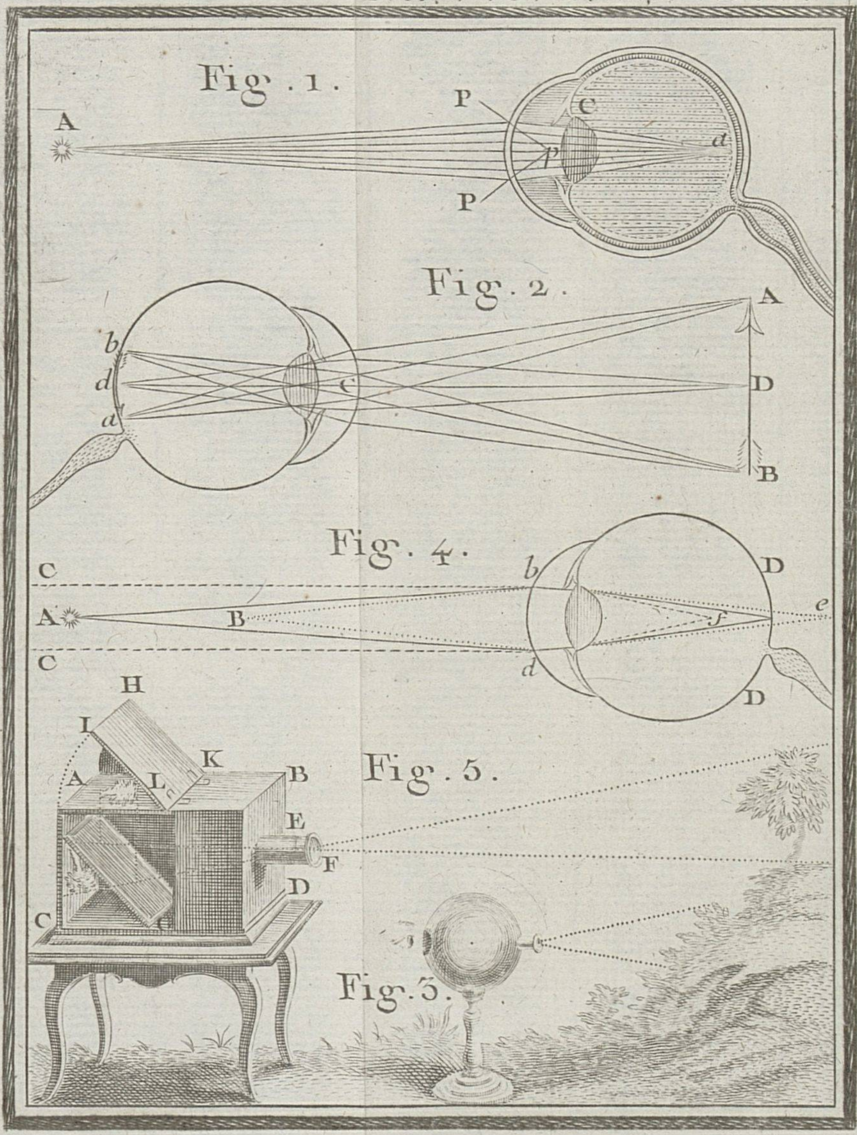


Fig. 1.
A
P
C
p
a
P
Fig. 2.
A
b
d
c
D
a
B
Fig. 4.
C
b
D
A
B
f
e
C
d
D
H
I
K
A
L
B
Fig. 5.
E
F
D
C
Fig. 3.

eſt encore moins poſſible que cela arrive par le jeu qu'on ſuppoſe au cryſtallin, que par l'alongement & le raccourciſſement du globe de l'œil.

XVII. LEÇON.

Enfin M. Jurin que j'ai déja cité pluſieurs fois, a cru trouver dans l'anatomie de l'œil, plus approfondie qu'elle ne l'avoit été juſqu'à lui, la vraie cauſe du phénomene dont il eſt ici queſtion.

Il obſerve d'abord, que la cornée tranſparente eſt fléxible & élaſtique, capable, par conſéquent, de devenir plus convexe, ſi elle eſt tirée en arriere par ſa circonférence, & de reprendre ſon premier état, dès qu'on fera ceſſer l'action qui la reſſerre.

Il remarque enſuite, que l'uvée eſt une membrane muſculeuſe, capable de ſe reſſerrer, & qu'elle prend ſon origine dans une protubérance circulaire qui regne le long de l'intérieur de la cornée, à l'endroit où elle ſe joint à la ſclérotique; il appelle cette protubérance *le grand anneau muſculeux*, & il nomme *petit anneau muſculeux* celui de la même membrane, qui eſt du côté de la prunelle.

On ſçait d'ailleurs que le cryſtallin

XVII. Leçon.

eſt renfermé dans une capſule membraneuſe, avec un peu d'eau entre deux ; que la partie poſtérieure de cette capſule eſt adhérente à la membrane déliée qui contient l'humeur vitrée, & que les ligaments ciliaires, qui ſont des petits muſcles, tiennent d'une part au bord de cette capſule, & de l'autre, à l'endroit où la cornée tranſparente ſe joint avec la ſclérotique (*a*).

A l'aide de ces obſervations, M. Jurin raiſonne ainſi : Lorſque l'œil eſt parfaitement en repos, & qu'il ne fait aucun effort, il eſt en état de voir très-diſtinctement les petits objets à une diſtance donnée, qui eſt pour le commun des hommes de 15 à 16 pouces. « Lorſque nous re-
» gardons ces objets de plus près,
» je crois, continue-t-il, que le
» grand anneau muſculeux de l'uvée
» ſe reſſere ; ce qui rend la cornée
» plus convexe, & la premiere ré-
» fraction des rayons plus grande :
» cet effet compenſe la trop grande
» divergence, qui vient de la proxi-

(*a*) Voyez un Mém. de M. Petit, dans le vol. de l'Acad. des Sc. pour l'année 1730.

» mité de l'objet. Si nous regardons » à une diſtance plus grande que de » 15 ou 16 pouces, les ligaments ci- » liaires, en ſe contractant, tirent » les bords de la capſule, & font » remonter vers eux l'eau qui ſe » trouve entre cette enveloppe & le » corps du cryſtallin, qui par-là de- » vient moins épais du milieu : ſa » convexité ainſi diminuée, compenſe » le degré de divergence qui man- » que aux rayons qui viennent de » trop loin ».

XVII. LEÇON.

L'ingénieux Auteur de cette explication ne s'eſt pas contenté de la voir en gros, il l'a ſoumiſe au calcul & aux meſures les plus exactes; il eſt vrai que dans quelques points elle n'en ſoutient pas toute la rigueur; mais pourquoi ne lui aſſocieroit-on pas l'opinion de ceux qui ſuppoſent une variation de figure dans le globe de l'œil, du moins pour les eſpeces d'animaux qui ont cet organe entiérement flexible ? ces deux cauſes étant également probables, je ne vois pas pourquoi l'on s'obſtineroit à n'admettre que l'une des deux, lorſqu'elle ne ſatisfait pas à toutes les difficultés.

XVII. LEÇON.

S'il eſt vrai que pour le commun des hommes, la diſtance de 15 à 16 pouces, ſoit celle où l'œil voit ſans contrainte & diſtinctement les petits objets, il n'eſt pas moins certain qu'il y en a pour qui elle eſt beaucoup trop grande, & d'autres pour qui elle eſt trop petite. Les premiers s'appellent *myopes*, parce qu'ils diſtinguent très-bien tout ce qu'il y a de plus petit, en le regardant à la diſtance qui leur convient : on nomme les autres *preſbytes*, parce que le défaut de leur vue eſt fort commun parmi les perſonnes âgées.

Les myopes ont les humeurs de l'œil trop convexes, pour la diſtance qu'il y a du cryſtallin à la rétine : les rayons qui viennent d'un objet placé à 15 ou 16 pouces, ſont trop peu divergents pour la ſomme des réfractions qu'ils ont à ſouffrir ; ils ſe croiſent avant que d'arriver au fond de l'œil. Ceux qui ont ce défaut ne manquent pas ſans doute de faire tout ce que font les vues communes, à l'aſpect d'un objet trop éloigné ; mais comme cela ne leur ſuffit pas pour voir d'une maniere diſtincte, à

15 ou 16 pouces, ils regardent de beaucoup plus près, & par ce moyen ils reçoivent dans leurs yeux, des rayons qui ont une grande divergence. Par quelque moyen que ce ſoit, quand cet excès de divergence ſe trouve dans un rapport convenable avec la trop grande convexité des humeurs réfringentes, les myopes ont la viſion diſtincte, & ils voient avec plus de clarté que les autres, parce qu'ils reçoivent plus de lumiere de chaque point viſible.

Dans l'œil d'un preſbyte les humeurs ſont moins réfrigentes qu'elles ne le ſont communément dans les autres yeux, ſoit par défaut de convexité, ſoit que quelque maladie ou la vieilleſſe ait altéré leur pouvoir réfractif : elles ne peuvent pas plier aſſez les rayons de lumiere pour les raſſembler ſur la rétine, à moins que leur divergence ne ſoit moindre qu'elle ne l'eſt, quand ils viennent d'une diſtance de 15 ou 16 pouces. Voilà pourquoi ces ſortes de vues aiment à regarder de fort loin, & que pour voir diſtinctement de plus près il faut que l'œil faſſe un effort,

XVII. LEÇON.

ou pour ſe raccourcir, ou pour rendre la cornée tranſparente plus convexe qu'elle ne l'eſt ordinairement.

Ces ſortes de vues, trop courtes ou trop longues, ont encore une reſſource pour voir diſtinctement, c'eſt de rétrécir beaucoup la prunelle; cela diminue la groſſeur des pyramides, ou pinceaux de lumiere qui entrent dans l'œil : par ce moyen les rayons qui les compoſent, quoiqu'imparfaitement réunis, ne font point une large impreſſion au fond de l'organe. C'eſt ce qu'on peut éprouver aiſément, en mettant tout près de ſon œil une carte percée d'un trou d'épingle; on voit par-là diſtinctement tout objet qui ſeroit trop près pour être vu à l'œil nu, parce qu'alors il n'y a, pour ainſi dire, que les axes des pyramides qui contribuent à former l'image.

Lorſque ces défauts de la vue ſont augmentés à un tel point, qu'on n'y peut pas remédier, ſoit en changeant la diſtance de l'objet, ſoit par les efforts de l'organe, ou que l'on veut ſe diſpenſer d'avoir recours à ces moyens, l'art en fournit d'autres

dont je ferai mention dans l'Article ſuivant.

Après tout ce que je viens de dire touchant les limites de la viſion, tant pour les vues ordinaires, que pour celles des preſbytes & des myopes, il reſte encore à ſavoir, pourquoi nous diſtinguons des objets éloignés, au point de les reconnoître à une lieue de diſtance, & bien davantage. Pour répondre à cette queſtion, j'obſerverai qu'il y a deux ſortes de viſions, l'une qui eſt diſtincte, plus parfaite, & qui n'eſt néceſſaire que dans certaines occaſions; l'autre qui eſt imparfaite, moins diſtincte, & qui ſuffit ordinairement. Nous deſirons la premiere pour les petits objets, & pour tout ce que nous regardons à une petite diſtance: nous nous contentons de la ſeconde, pour ce qui eſt grand & fort éloigné. Si je lis une lettre, ſi j'examine un bijou, j'ai beſoin d'en diſtinguer toutes les parties: tous les points viſibles étant contigus les uns aux autres, ne peuvent être vus diſtinctement, qu'autant qu'ils ſe font ſentir ſéparément ſur l'organe; & cela exige que les faiſ-

XVII. LEÇON.

ceaux de rayons qu'ils envoient à l'œil, faſſent bien la pointe ſur la rétine. Pour ce dernier effet, la diſtance plus ou moins grande de l'objet tire à conſéquence : il n'en eſt pas de même, ſi je regarde un édifice qui eſt à une lieue de moi ; peu m'importe de compter les tuiles ou les ardoiſes de la couverture ; je ſuis content de diſtinguer le corps du bâtiment, les ailes, les pavillons, les portes, les fenêtres, les cheminées, &c ; & tout cela ſe peut aiſément, parce que ces parties, qui ſont grandes & ſéparées les unes des autres, ſe peignent auſſi ſéparément au fond de l'œil : ce qui ſuffit pour les rendre ſenſibles, ſans confuſion.

Juſqu'ici j'ai parlé de la rétine, comme de la partie de l'œil, ſur laquelle ſe font les impreſſions de la lumiere qui ſervent à la viſion ; & en effet, c'eſt le ſentiment le plus ancien & le plus commun : mais je ne dois point taire que de très-habiles Opticiens attribuent cette fonction à la choroïde, & rapportent, en faveur de leur opinion, des faits & des raiſonnements qui ont beaucoup de

poids. J'en ſupprime le détail, renvoyant le lecteur aux Œuvres de M. Mariotte (*a*), à qui l'on doit cette découverte, ſi c'en eſt une; & au traité des Sens de M. le Cat (*b*), qui la croit très-réelle, & qui en prend la défenſe; mais je ne puis me diſpenſer de rapporter une Expérience très-curieuſe qui a donné lieu à cette queſtion, & qui a déterminé M. Mariotte à croire que la choroïde eſt véritablement l'organe immédiat de la vue.

Cet Académicien ſachant que la partie médullaire du nerf optique où la rétine prend ſon origine, n'eſt point au milieu du fond de l'œil, où ſe fait la peinture de l'objet qu'on regarde directement; mais un peu plus haut, & à côté, en tirant vers le nez, (au moins dans l'homme) voulut voir, ſi l'image qui tomberoit ſur cet endroit ſeroit ſenſible. Pour cet effet, il attacha contre une mu-

(*a*) Recueil des Œuvres de M. Mariotte, Lettre à M. Piquet.

(*b*) P. 385. non ſeulement M. le Cat adopte le ſentiment de M. Mariotte ſur l'organe immédiat de la vue; mais il l'appuie par pluſieurs Expériences de ſa façon, & par des obſervations qui paroiſſent décider la queſtion.

XVII. LEÇON.

raille de couleur ſombre, un petit cercle de papier blanc pour fixer ſa vue ; & puis à la diſtance d'environ deux pieds ſur la droite, il en attacha un autre un peu plus large, & un peu plus bas que le premier, enſuite tenant l'œil gauche fermé, & fixant le droit ſur le premier morceau de papier, il appercevoit en même-temps le ſecond qui étoit à coté ; mais lorſqu'en reculant peu-à-peu, il fut éloigné à la diſtance de 9 pieds de la muraille, il perdit de vue celui-ci ; & cet effet ne venoit pas de ce que ce papier étoit trop écarté de celui qui ſervoit de point de vue fixe : car les objets, qui étoient encore plus loin ſur la droite, s'appercevoient très-bien. Cette Expérience réitérée & retournée de toutes les manieres eut toujours le même réſultat ; & cela prouve inconteſtablement, que les images qui tombent préciſément ſur la partie médullaire du nerf optique, ne ſont point ſenſibles ; d'où M. Mariotte conclut, que la rétine qui eſt une extenſion de cette partie médullaire, eſt inſenſible comme lui, & qu'elle ne ſert qu'à modérer l'ac-

tion de la lumiere qui pénetre ſon tiſſu lâche & tranſparent, avant que de toucher la choroïde, où il prétend que s'accomplit la viſion.

La clarté de la viſion dépend de deux choſes : premiérement, de la quantité de rayons qui ſe raſſemblent au fond de l'œil, pour faire ſentir chaque point viſible de l'objet ; & en ſecond lieu, de la place plus ou moins grande qu'occupe ſur la rétine ou ſur la choroïde, l'image d'un objet donné. Car plus cette image s'étend, plus les impreſſions ſe partagent à différentes parties de l'organe, & moins chacune d'elles en eſt ébranlée. Voilà pourquoi nous ouvrons la prunelle autant que nous le pouvons, pour lire l'écriture, quand le jour baiſſe, ou que nous ſommes dans un lieu ſombre ; & en tel cas, nous regardons auſſi de plus près que ne le demande la portée ordinaire de notre vue. Par ces deux moyens, la prunelle embraſſe plus de lumiere ; mais le dernier exige de la part de l'œil un effort, pour remédier à la trop grande divergence des rayons ; & cet effort, quand il dure, ne

manque pas de fatiguer l'organe.

XVII. LEÇON.

Quand au degré de clarté qui dépend de l'étendue de l'image, il ne ſeroit d'aucune conſidération, ſi la lumiere qui vient de loin ne ſouffroit beaucoup de déchet, en paſſant au travers de l'air, ou des autres corps diaphanes; car ſi les faiſceaux de lumiere qui viennent d'un objet éloigné contiennent moins de rayons, à cauſe de leur divergence qui les raréfie de plus en plus; d'un autre côté, l'image qu'ils forment au fond de l'œil diminue de grandeur à proportion; les impreſſions ſe condenſent, pour ainſi dire, à meſure que la lumiere qui les produit, ſe raréfie.

Lorſqu'étant dans une chambre, nous regardons les paſſants à travers les vitres, nous les voyons bien mieux qu'ils ne nous voient: ce qui cauſe cette différence, c'eſt que la lumiere qui vient d'eux à nous, eſt plus vive que celle avec laquelle ils nous apperçoivent; de plus leurs yeux affectés du grand jour où ils ſont, ne peuvent ſentir cette lumiere foible, autant que les nôtres, qui ſont plus repoſés, en peuvent ſentir une

plus forte : les effets ſont tout différents, lorſqu'il fait nuit au dehors, & que nous ſommes dans un lieu bien illuminé.

Quand un objet ſe meut très-rapidement devant nos yeux, nous lui attribuons ſouvent une grandeur & une figure qu'il n'a point. Un polyedre qui tourne ſur ſon axe nous ſemble être une ſphere, de même qu'un cercle qu'on fait tourner ſur un de ſes diametres : les petits moulins à vent dont les enfants s'amuſent, ont la forme d'un plan circulaire ; les cordes qui ſont en vibration, ſe voyent ſous la figure d'un loſange fort alongé : le charbon ardent qu'on fait tourner, repréſente un cercle lumineux : la fuſée qui s'éleve, paroît être une traînée de feu, &c. Tous ces effets dépendent d'une même cauſe que voici. L'objet qui ſe meut, ſe peint ſucceſſivement ſur différents endroits au fond de l'œil : lorſque cette image paſſe rapidement de l'un à l'autre, l'impreſſion qu'elle a faite ſur le premier, ſubſiſte encore quand elle commence à ſe faire ſentir ſur le ſecond, ſur le troiſieme, &c. Il ar-

XVII. LEÇON.

rive de-là, que les apparences ſucceſſives de l'objet, en différents lieux, nous paroiſſent comme liées enſemble : ainſi celui qui ſe verroit comme un point, s'il étoit en repos, ſe voit comme une ligne, quand il paſſe d'un lieu dans un autre avec une certaine vîteſſe ; celui qui n'a de viſible que ſa longueur repréſente un plan ; & le demi-cercle qui fait des révolutions autour de ſon diametre, préſente à l'œil une ſphere ſolide ; ainſi l'on a tout lieu de croire, que ces traînées de lumiere qu'on voit pendant la nuit dans l'atmoſphere, & que le vulgaire appelle *étoiles qui changent*, ou *qui tombent*, ne ſont autre choſe que des globes de vapeurs enflammées, qui paſſent rapidement d'un lieu dans un autre, ou l'inflammation ſucceſſive, mais rapide, de pareille matiere, étendue ſuivant une certaine direction.

En rapprochant les paupieres l'une de l'autre, comme pour fermer l'œil, (ce qui s'appelle communément *cligner*,) ſi vous regardez directement une chandelle allumée, pendant la nuit, vous appercevrez aux parties ſupérieures & inférieures de la flamme,

de longs rayons de lumiere, ſemblables à ceux par leſquels on repréſente la gloire autour des images des ſaints; & ſi vous abaiſſez doucement quelque obſtacle, comme le doigt ou la main devant l'œil, vous intercepterez les rayons d'en bas : ceux d'en haut diſparoîtront de même, ſi vous faites monter l'obſtacle de bas en haut.

Ce fait a mérité l'attention des Phyſiciens. M. de la Hire croit que cela vient de ce que les rayons de lumiere qui viennent de la flamme, ſe réfractent de haut en bas, & de bas en haut, en traverſant une eau glaireuſe qui s'amaſſe au bord des paupieres, à l'endroit où elles touchent la cornée tranſparente. M. Briggs, célebre Médecin Anglois, dans ſon Ophthalmographie a penſé à peu-près de même. Mais M. Shmith, conſidérant que les rayons dont il s'agit ne ſe préſentent point ſous diverſes couleurs, comme il doit arriver à une lumiere réfractée, ne goûte point cette explication : il penſe que le fait dont il s'agit, doit être plutôt attribué aux inflexions que ſouffrent les rayons, en paſſant près des

bords de la paupiere, tant d'en haut

XVII. que d'en bas.

LEÇON. Nous avons deux yeux, & dans l'uſage ordinaire que nous en faiſons nous ne voyons pas l'objet double, quoiqu'il ſoit bien vrai que ſon image ſe peint en même-temps dans l'un & dans l'autre. Eſt-ce, comme l'ont dit pluſieurs Auteurs célebres, que nous n'en faiſons agir qu'un à la fois, & que de ces deux organes, il y en a toujours un qui ſe repoſe? ou bien l'ame ne fait-elle attention qu'à l'une des deux images? Je crois bien qu'on peut me citer des cas où cela arrive; mais comme il s'agit ici de ce qui ſe paſſe ordinairement dans la viſion des objets, ce n'eſt point ſur quelques exemples particuliers que je dois me régler. Or, à juger de la vue des autres par la mienne, & par celle d'un grand nombre de perſonnes que j'ai conſultées, il eſt certain qu'on voit des deux yeux le même objet, & que les deux images influent ſur la viſion, & contribuent à la ſenſation; car on voit mieux, & plus fortement des deux yeux, qu'avec un ſeul; on ſe fatigue moins la

vue,

vue, & l'on juge plus promptement, plus ſûrement, de ce que l'on regarde. Quand bien même il y auroit des hommes, qui dans les cas ordinaires n'emploieroient qu'un œil, ne faudroit-il pas toujours expliquer, pourquoi ces ſortes de borgnes ne voient pas double dans les occaſions où ils en emploient deux? Voici comment le plus grand nombre des Opticiens répondent à cette queſtion.

La membrane qui tapiſſe le fond de l'œil, & ſur laquelle ſe peint l'objet, (que ce ſoit la rétine ou la choroïde, peu nous importe ici), cette membrane, dis-je, eſt un tiſſu de fibres qui appartiennent au nerf optique; & nous avons lieu de croire, au moins peut-on le ſuppoſer avec beaucoup de vraiſemblance, que dans les deux yeux d'un même individu, ces membranes, pour l'ordinaire, ſe reſſemblent par le nombre, l'arrangement, & peut-être, par le degré de reſſort des filets nerveux qui les compoſent. Cela étant ainſi, dès que les deux yeux ſe dirigent vers un même objet, les images tombent dans l'un & dans l'autre, ſur des parties

ſemblables & correſpondantes du tiſſu dont je viens de parler, & les deux ſenſations qui en réſultent, étant, pour ainſi dire, à l'uniſſon l'une de l'autre, ne font naître dans l'ame qu'une ſeule & même idée, plus forte & mieux décidée, que par une ſeule image, mais toujours identique, à peu-près, comme le ſon qui frappe les deux oreilles, ou l'odeur qu'on reçoit dans les deux narines.

Il ſuit de-là, qu'on doit voir l'objet double, quand les deux images tombent au fond des yeux, ſur des parties qui ne ſont pas analogues ou correſpondantes ; & c'eſt en effet, ce qui arrive, quand ces parties ſemblables ne ſe trouvent pas tournées du côté du même objet, comme on peut l'éprouver ſoi-même, en preſſant un peu de côté l'un des deux yeux, pour le détourner.

La direction des deux *axes optiques* (*a*) vers un même objet, nous eſt utile, non-ſeulement parce qu'elle

(*a*) On appelle *axe optique* la ligne qui venant du milieu du fond de l'œil, paſſe par les centres du cryſtallin & de la cornée tranſparente, & ſe prolonge juſqu'a l'objet.

nous empêche de le voir double; mais elle nous ſert encore à bien juger de ſa diſtance, quand il n'eſt pas fort éloigné. Sans ce ſecours, nous nous y trompons fort aiſément, & ce n'eſt que par une grande habitude qu'on apprend à s'en paſſer. Un homme qui ferme un œil, ou qui eſt nouvellement borgne, ne porte point à coup sûr le bout du doigt, ſur une petite piece de monnoie placée à quelques pieds de lui, comme le fait un autre homme qui laiſſe agir ſes deux yeux; parce que celui-ci eſt guidé par le croiſement des axes optiques. Si le chaſſeur avoit beſoin de juger de la diſtance, autant que de la direction de la perdrix qu'il a en vue, il auroit tort de fermer un œil pour tirer plus juſte.

Un homme paſſe pour avoir la *vue droite*, quand il dirige naturellement, & ſans effort, les axes de ſes deux yeux vers l'objet qu'il regarde: & l'on dit qu'il eſt *ſtrabite*, ou qu'il a la *vue louche*, quand l'un de ſes yeux ſe tourne directement à ſon objet, & que l'autre s'en écarte pour ſe diriger ailleurs.

XVII. LEÇON.

M. de la Hire qui s'eſt appliqué particuliérement à examiner les défauts & les accidents de la vue, dit, pour rendre raiſon du *ſtrabiſme*, que l'image de l'objet ne ſe peint bien diſtinctement que ſur une certaine portion de la rétine, qu'il ſuppoſe être la plus ſenſible, & au milieu de laquelle répond l'extrémité de l'axe optique, dans un œil bien conformé; mais que dans les yeux louches cette partie eſt plus d'un côté que de l'autre; de ſorte que pour y faire tomber les images, il faut que l'axe optique ſe dirige différemment, que celui d'un œil qui a le regard droit.

M. Jurin allégue contre cette explication une expérience facile à faire, & qui paroît ſans réplique; c'eſt que l'œil louche qui ſe détourne de l'objet quand l'autre agit, ne manque pas de ſe retourner directement vers lui, quand on ferme le bon œil. S'il s'étoit d'abord tourné de travers, pour préſenter la partie ſenſible de la rétine qu'on ſuppoſe être mal placée, comment peut-il voir l'objet quand il ſe redreſſe, ou plutôt pourquoi ſe redreſſe-t-il pour le voir?

M. de Buffon, qui a traité cette matiere (*a*) depuis M. Jurin, penſe comme lui, que les ſtrabites ne regardent jamais que d'un œil, & il en tire la raiſon d'un fait qui eſt aſſez connu; c'eſt que dans la plupart des hommes, les deux yeux n'ont pas la viſion diſtincte dans les mêmes limites: l'œil droit, par exemple, verra fort bien les plus petits objets, depuis 8 pouces de diſtance juſqu'à 20, & pour l'œil gauche, ce ſera peut-être depuis 12 juſqu'à 24. Or, dit M. de Buffon, quand cette inégalité eſt grande à un certain point, les deux yeux ne peuvent pas voir enſemble le même objet diſtinctement; l'image confuſe dans l'un des deux, empêche que l'impreſſion qui ſe fait plus correctement dans l'autre, ne ſoit auſſi-bien ſentie qu'elle le ſeroit, ſi elle étoit la ſeule; & comme on cherche naturellement à voir auſſi bien qu'il eſt poſſible, la perſonne qui a ce défaut, contracte l'habitude de détourner l'œil hors de la portée duquel l'objet ſe trouve, pour ne laiſſer agir que celui qui peut le diſtinguer nettement.

XVII. LEÇON.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc. 1743. p. 231.

XVII. LEÇON.

Cette explication eſt tout-à-fait ingénieuſe ; elle n'eſt cependant pas au-deſſus de toute difficulté. M. de Buffon en a prévu pluſieurs qu'on pouvoit lui faire, & auxquelles il répond par des expériences & par des raiſonnements plauſibles : il ajoute de plus, que le ſtrabiſme pourroit bien avoir d'autres cauſes, que celle qu'il a indiquée ; mais il croit que celle-là eſt la principale & la plus commune.

Pour moi, après avoir long-temps réfléchi ſur le ſtrabiſme, après avoir obſervé & queſtionné un grand nombre de perſonnes de tout ſexe & de tout âge, qui avoient ce défaut, je ſuis porté à croire qu'il y a deux ſortes de louches : que les uns le ſont néceſſairement & toujours, par une mauvaiſe conformation de l'organe, & les autres ſeulement par habitude ou par diſtraction : que les premiers voient des deux yeux le même objet & le voient ſimple ; que les derniers, ou ne voient que d'un œil à la fois, ou voient double ce qu'ils regardent ; que ceux-ci par attention ſur eux-mêmes, peuvent ſe corriger avec le temps ; mais qu'il eſt preſqu'impoſſible

que la vue des autres ſe redreſſe, ſur-tout s'ils ſont nés avec ce défaut, ou qu'ils l'ayent contracté depuis long-temps.

L'œil eſt ſujet à pluſieurs maladies: une des plus fâcheuſes, c'eſt lorſque le cryſtallin devient opaque, en tout, ou en partie; c'eſt ce que l'on appelle *cataracte*. Quand cette opacité eſt bien décidée, le ſeul remede qu'on y puiſſe apporter, eſt de retrancher cette partie de l'œil, & d'y ſuppléer par l'uſage d'une lunette appropriée à ce défaut. Il y a deux manieres d'ôter le cryſtallin: la plus ancienne, & celle qu'on pratique encore le plus ſouvent, c'eſt de faire un petit trou dans la cornée opaque, pour y introduire une eſpece d'aiguille, avec laquelle on détache le cryſtallin des ligaments ciliaires, pour le faire tomber dans la partie inférieure du globe de l'œil, & au deſſous de la prunelle. La ſeconde façon qui eſt plus nouvelle, & que j'ai vu pratiquer avec beaucoup d'adreſſe & de ſuccès à M. Daviel, qui s'eſt rendu célebre par cette opération, c'eſt de couper avec des ciſeaux la cornée tranſpa-

XVII. Leçon.

rente, dans les deux tiers de ſa circonférence, & d'emporter hors de l'œil le cryſtallin tout entier : les bords de la cornée ſe rejoignent enſuite à la ſclérotique, & l'humeur aqueuſe ſe répare : c'eſt l'affaire de 8 ou 10 jours. De quelque maniere qu'on ſupprime le cryſtallin devenu opaque, la vue revient à celui qui l'avoit perdue par cet accident : le globe de l'œil étant totalement rempli par les deux humeurs aqueuſe & vitrée, les rayons de lumiere qui ne trouvent plus d'obſtacle, ſe raſſemblent ſur la rétine, mais imparfaitement, parce qu'il leur manque le degré de réfraction qu'ils reçoivent ordinairement dans le cryſtallin; on y ſupplée par l'uſage d'un verre convexe qu'on tient devant l'œil, comme je le dirai plus particuliérement, en parlant des lunettes propres aux preſbytes.

Un autre accident de la vue, c'eſt lorſque la bile vient à ſe mêler abondamment avec l'humeur aqueuſe : alors tous les objets paroiſſent jaunes, parce que la lumiere qu'ils envoient vers les yeux qui ont cette maladie, ſe décompoſe, comme ſi elle

elle paſſoit par un verre jaune, & qu'il n'y a preſque plus que les rayons de cette couleur qui tracent les images au fond de l'organe. Il s'eſt trouvé des gens, qui à la ſuite d'une maladie, ou de quelque grand accident, voyoient rouge, verd, ou bleu, tout ce qui s'offroit à leur vue : il y a lieu de croire, que les humeurs de leurs yeux avoient reçu quelque teinte de ces couleurs.

Pendant la nuit, ſi l'on ſe frotte les yeux d'une certaine maniere, ou ſi l'on y reçoit un coup un peu rude, il arrive ſouvent qu'on croit voir des traits de lumiere ou de groſſes étincelles : d'où peuvent venir ces apparences dans l'obſcurité, & même lorſque nous avons les yeux bien fermés ? Nous ne pouvons les attribuer qu'à l'ébranlement de l'organe, ſoit que cela ſe faſſe immédiatement, par le choc du corps étranger qui frotte ou heurte extérieurement, ſoit que la commotion extérieure, en ſe communiquant, anime la matiere de la lumiere qui réſide dans les moindres parties de l'organe, comme par-tout ailleurs ; & que par ce moyen, les

XVII. LEÇON. fibres nerveuſes ſoient miſes en jeu, comme elles le ſeroient, par l'action d'une lumiere qui viendroit du dehors.

Nos ſenſations naiſſent des impreſſions qui ſe font ſur certaines parties de nos corps. Si telle ou telle impreſſion peut ſe faire par différents moyens, la même ſenſation peut avoir lieu par pluſieurs cauſes; nous en avons des exemples dans les autres ſens. Ce tintement que nous ſentons quelquefois dans l'oreille, ne reſſemble-t-il pas à certains ſons qui nous viennent ordinairement du dehors? Et pourquoi comparons-nous les douleurs aiguës cauſées par une colique, à celles que fait ſentir une pointe ou un tranchant, ſinon parce que les unes & les autres nous paroiſſent tout-à-fait ſemblables? Les bluettes que nous voyons dans l'obſcurité, nous donnent donc tout lieu de croire, que le fond de l'œil eſt alors affecté, comme il le ſeroit par une lumiere qui viendroit du dehors.

Aprés avoir parlé des effets de la lumiere en général, par rapport à la viſion, il me reſte un mot à dire, tou-

chant la maniere dont nous apperce- vons la couleur de chaque objet. XVII. Leçon.

Les couleurs conſidérées dans le ſens de la vue, ne ſont autre choſe que les idées particulieres qui naiſſent ou qui ſe réveillent en nous, à l'occaſion des impreſſions qui ſe font ſur l'organe, par les différentes eſpeces de lumiere que j'ai fait connoître, dans le premier Article de la 3e Section, ſoit qu'elles agiſſent ſéparément les unes des autres, ſoit qu'elles ſe combinent pluſieurs enſemble.

On peut légitimement ſuppoſer, que chacune de ces lumieres differe des autres, par la grandeur, la figure, le reſſort de ſes parties, ou par l'eſpece de mouvement qui les anime : comme nous éprouvons par l'uſage de nos autres ſens, (tels que le goût, l'odorat, &c.) que ces qualités ſervent, non-ſeulement à nous faire ſentir les objets qui en ſont doués, mais encore à nous les faire diſtinguer les uns des autres ; nous devons croire, que les rayons qui nous viennent d'une ſurface enduite de vermillon, par exemple, touchent le fond de l'œil d'une certaine façon qui ſe répete

XVII. LEÇON.

toujours dans les mêmes circonſtances ; & nous exprimons ce que cette ſurface nous fait ſentir, en diſant qu'elle eſt *rouge* : expreſſion arbitraire dans ſon principe, mais fixée par l'uſage & par convention. Il en eſt de même de toutes les autres couleurs ſimples : je dis que la teinture de ſafran eſt *jaune*, que l'herbe eſt *verte*, que le ciel eſt *bleu*, &c. parce que la lumiere homogene, par laquelle j'apperçois chacun de ces objets, excite toujours en moi le même ſentiment, & que dès ma plus tendre enfance, j'ai appris des autres hommes à l'exprimer par un de ces termes.

Mais ſi chaque eſpece de lumiere a la propriété de faire naître une ſenſation particuliere, on doit s'attendre que pluſieurs agiſſant enſemble ſur le même organe, y produiront une ſenſation mixte, pour laquelle il faudra une nouvelle expreſſion, comme il arrive aux ſaveurs & aux odeurs, qui varient à l'infini, par la combinaiſon des objets qui appartiennent à chacun de ces deux ſens. De-là ſont venus ces noms *gris*, *brun*, *céladon*, *tanné*, &c. pour exprimer ce que l'o-

ſent quand un objet ſe fait voir par un mêlange de lumieres de différentes eſpeces.

Ces idées de couleurs, qui s'excitent en nous par des lumieres ſimples ou compoſées qui nous viennent des objets extérieurs, ſe réveillent ou ſubſiſtent également & indépendamment de ces cauſes; pourvu que l'organe reçoive ou conſerve par quelque moyen que ce puiſſe être, une impreſſion ſemblable à celle qui les fait naître ordinairement : voilà pourquoi, lorſqu'on a fixé la vue pendant un certain temps ſur quelque couleur bien éclatante, il eſt aſſez ordinaire de continuer de la voir, quoiqu'on ferme les yeux.

Suppoſons maintenant, qu'on ait regardé un objet dont la couleur ſoit compoſée, & que les différentes eſpeces de lumiere, qui entrent dans cette compoſition, produiſent ſur le fond de l'œil des impreſſions plus durables les unes que les autres; non-ſeulement on doit continuer de voir l'objet, après qu'on a fermé les yeux, mais l'image qui en reſte, doit paroître ſucceſſivement ſous différentes cou-

XVII. LEÇON. leurs. C'eſt à-peu-près ce qu'on éprouve, quand on ferme les yeux, ou qu'on entre dans un lieu fort obſcur, auſſi-tôt après avoir regardé en face le Soleil couchant: on voit ſucceſſivement ſur le diſque du Soleil, qui demeure empreint dans l'imagination, du blanc, du jaune, du rouge, du verd, du bleu, ou du violet, & enfin du noir; à-peu-près dans l'ordre des couleurs priſmatiques, quelquefois auſſi ſans ordre, & à diverſes repriſes, ſelon que les ébranlements du nerf optique s'affoibliſſent plus ou moins promptement.

Ces couleurs, & toutes celles qui naiſſent, qui ſe conſervent, ou qui varient ainſi, ſans la préſence des corps colorés, ſe nomment *accidentelles*. Parmi les Auteurs qui en ont fait mention, perſonne que je ſache, ne les a mieux étudiées que M. de Buffon. (*a*) Il a remarqué dans ces couleurs, une certaine correſpondance ſyſtématique avec celles qu'on nomme *réelles*, & dont les idées ſont réveillées en nous par les objets extérieurs.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc. 1743. *p.* 147. & ſuiv.

Il obſerve, par exemple, que le rouge produit le verd, qu'au jaune ſuccede le bleu, que les couleurs accidentelles mêlées avec les réelles, donnent les mêmes phénomenes que ces dernieres, mêlées avec d'autres de même nature : ces remarques ſont fondées ſur des expériences & ſur des obſervations curieuſes, dont je ſuis obligé de ſupprimer ici le détail, mais qui feront certainement plaiſir au Lecteur, qui aura du goût pour ces ſortes de recherches, & qui prendra la peine de lire le Mémoire que j'ai cité ci-deſſus.

On y trouve, par exemple, l'expoſition d'un fait qui paroît d'abord aſſez ſingulier : « C'eſt que les ombres » des corps, qui par leur eſſence doi» vent être noires, puiſqu'elles ne » ſont que la privation de la lumiere, » que les ombres, dis-je, ſont tou» jours colorées au lever & au cou» cher du Soleil. Je ne ſache pas, » ajoute M. de Buffon, qu'aucun Aſ» tronome, qu'aucun Phyſicien, que » perſonne, en un mot, ait parlé de » ce phénomene : j'ai cru qu'en fa» veur de la nouveauté, on me per-

» mettroit de donner le précis de » cette obſervation ».

XVII. LEÇON.

Il y a ainſi dans les Sciences, & ſur-tout en Phyſique, certaines découvertes qui s'oublient, qui ſe perdent même, & qu'on retrouve quelquefois après pluſieurs ſiecles; en eſt-on moins redevable à ceux qui nous les rendent? Le fait dont il s'agit étoit connu il y a 250 ans: on le trouve très-bien exprimé, dans l'ouvrage d'un ſavant & habile Peintre Italien (*a*) qui mourut à Fontainebleau, entre les bras d'un de nos Rois (*b*). On lit au titre de ſon 328e. Chapitre: *Pourquoi ſur la fin du jour les ombres des corps produites ſur un mur blanc, ſont de couleur bleue*; & il explique ce phénomene, par des raiſons qui paroiſſent très-plauſibles. Je vais rapporter ſes propres paroles.

» Les ombres des corps, dit-il,

(*a*) Leonard de Vinci. L'Ouvrage dont il s'agit eſt intitulé: *Traité de la Peinture*. Il a été imprimé pour la premiere fois à Paris en 1651, en Italien & en François; on en a fait une édition Françoiſe, in-12. en 1716. Cet ouvrage eſt très-inſtructif, non-ſeulement pour les Peintres, mais même pour les Phyſiciens.

(*b*) François premier.

» qui viennent de la rougeur du So-
» leil qui ſe couche & qui eſt proche
» de l'horizon, ſeront toujours azu-
» rées : cela arrive ainſi, parce que
» la ſuperficie de tout corps opaque
» tient de la couleur du corps qui l'é-
» claire ; donc la blancheur de la mu-
» raille étant tout-à-fait privée de
» couleur, elle prend la teinte de
» ſon objet, c'eſt-à-dire, du Soleil &
» du ciel ; & parce que le Soleil vers le
» ſoir eſt d'un coloris rougeâtre, que
» le ciel paroît d'azur, & que les
» lieux où ſe trouve l'ombre ne ſont
» point vus du Soleil, (puiſqu'aucun
» corps lumineux n'a jamais vu l'om-
» bre du corps qu'il éclaire) comme
» les endroits de cette muraille, où le
» Soleil ne donne point, ſont vus du
» ciel, l'ombre dérivée du ciel, qui
» fera ſa projection ſur la muraille
» blanche, ſera de couleur d'azur ;
» & le champ de cet ombre étant
» éclairé du Soleil, dont la couleur
» eſt rougeâtre, participera à cette
» couleur rouge. »

C'eſt-à-dire, que la muraille blanche ſe teint ſenſiblement de la lumiere azurée du ciel, & que cette

XVII. LEÇON.

couleur ne paroît qu'à l'endroit de l'ombre ; parce qu'ailleurs elle eſt illuminée par une lumiere plus forte, qui empêche le bleu de paroître : il ſuffit pour cela que l'ombre ſoit foible, & c'eſt une condition ſur laquelle on peut compter, quand le Soleil n'eſt pas fort élevé ſur l'horizon.

On a dû comprendre par tout ce que j'ai dit ci-deſſus, touchant la viſion, comment la lumiere en général, paſſant par les humeurs de l'œil, ſe modifie d'une maniere à tracer correctement ſur le fond de cet organe, les images des objets qui nous l'envoient. J'ai fait entendre auſſi, comment les images nous repréſentent les couleurs naturelles de ces mêmes objets, étant tracées, non par une lumiere quelconque, mais par des rayons homogenes, ſeuls ou combinés enſemble. N'eſt-on pas en droit maintenant de me demander, par quel moyen nous voyons ce qui eſt noir ; puiſque, ſelon ce que nous avons dit dans la 3e. Section, il ne vient aucune ſorte de lumiere des corps de cette couleur ?

Cette queſtion mérite certaine-

ment une réponſe ; mais ce qui m'en déplait un peu, c'eſt que celle que je dois produire, paroîtra peut-être un paradoxe à ceux de mes Lecteurs qui ne prendront pas la peine d'y réfléchir.

Quand nous regardons un corps noir, ce n'eſt pas lui que nous voyons ; ce ſont les ſurfaces éclairées ou lumineuſes qui l'environnent & qui lui ſervent comme de champ : la lumiere qu'elles envoient, fait impreſſion ſur tout le fond de l'œil, excepté l'endroit auquel répond l'objet que nous avons en vue. Cet endroit de l'organe qui ne reçoit point de lumiere, eſt circonſcrit ou terminé ſelon la figure du corps noir qui eſt cauſe de cette privation ; & c'eſt par-là que nous jugeons de la grandeur, de la forme, de la ſituation, de la nature de celui-ci. Oui quand, nous liſons un livre, ce ne ſont point les lettres imprimées avec de l'encre, qui font impreſſion ſur nos yeux, c'eſt le blanc du papier qui eſt entr'elles ; puiſque c'eſt de-là ſeulement qu'il vient de la lumiere : nous ne les diſtinguons que par les défauts de ſenſation qu'elles occaſionnent,

XVII. LEÇON.

Mais ſi cela étoit, me dira-t-on; tous les corps noirs nous paroîtroient comme de ſimples taches, comme des ombres : chacun ſait par ſa propre expérience, qu'un homme vêtu de noir, un animal de cette couleur, ne ſe voient point ainſi; l'on en diſtingue toutes les parties, avec leurs reliefs.

C'eſt que ces objets ne ſont pas entiérement noirs, comme on le ſuppoſe : les parties les plus ſaillantes & les plus expoſées au jour ſe détachent des autres, par des nuances plus ou moins claires & par des reflets de lumiere, qui en font ſentir les contours, les arrondiſſements, &c. Cela eſt ſi vrai, qu'un Peintre qui entreprend de les repréſenter dans un tableau, n'en peut venir à bout, qu'en employant du blanc ou d'autres couleurs capables de réfléchir de la lumiere; & ſi ces corps ne ſont point éclairés du côté par lequel nous les regardons, nous les voyons alors comme de véritables ombres.

ARTICLE II.

De la viſion aidée par les inſtruments d'Optique.

La viſion naturelle, lorſque l'organe eſt dans ſa plus grande force, dans ſon état le plus parfait, eſt aſſujettie à des conditions & renfermée dans des limites ; ſi l'objet n'eſt point découvert au point, que de lui à nous on puiſſe tirer une ligne droite ſans aucun obſtacle, nous ne l'appercevons pas : fût-il même convenablement expoſé à nos regards, s'il eſt trop loin ou trop petit, il nous échappe : & c'eſt encore pis, ſi l'œil eſt affoibli ou mal conformé ; la petiteſſe & la diſtance du corps viſible le gênent davantage.

Ces inconvénients ont ſubſiſté long-temps ſans remede ; mais enfin, le hazard d'un côté, l'induſtrie de l'autre, éclairée & ſoutenue par l'étude, nous en ont affranchis en quelque façon : par le ſecours des miroirs & des verres taillés d'une certaine maniere, nous pouvons appercevoir ce qui eſt caché à nos regards directs ;

XVII. LEÇON.

nous découvrons dans le ſein de la nature, des êtres qui ſembloient devoir être à jamais imperceptibles pour nous : les objets trop éloignés ſe rapprochent, pour ainſi dire, & ſe laiſſent voir diſtinctement : la vue des vieillards à moitié éteinte, ſe ranime : celle qui eſt trop courte devient plus étendue : enfin, quand nos beſoins ſont ſatisfaits, les mêmes moyens fourniſſent encore des amuſements trés-dignes de notre curioſité.

C'eſt le détail de ces avantages, qui va faire la matiere de cet Article : mais je ne veux y entrer, que comme je l'ai fait pour toutes les préparations qui ont ſervi à nos expériences ; c'eſt-à-dire, que je me bornerai à faire connoître en gros, comment tel ou tel effet ſe produit, renvoyant la deſcription plus exacte & plus circonſtanciée des moyens, à l'ouvrage dont j'ai fait mention pluſieurs fois, & dans lequel je me propoſe de traiter *ex profeſſo* de la conſtruction & de l'uſage de tous les inſtruments de Phyſique ; comme je ne parle ici de ceux qui concernent l'Optique, que parce

qu'ils aident ou qu'ils perfectionnent la viſion, je ne les diſtribuerai point par claſſes, je les appellerai plutôt ſuivant l'ordre de leur invention, & par conſéquent, je ferai connoître d'abord les plus ſimples.

Lunettes dont on ſe ſert pour lire.

Le défaut de la vue le plus ordinaire, & qui eſt preſqu'inévitable à un certain âge, c'eſt de ne pouvoir plus diſtinguer nettement les petits objets à la diſtance de 8 ou 10 pouces, comme on le fait ordinairement dans la jeuneſſe; on eſt obligé de regarder de plus loin: & quand cet éloignement devenu indiſpenſable, s'accroît à un certain point, non-ſeulement il eſt incommode, mais il ne remédie preſque plus à rien, parce que les petits objets, à une grande diſtance de l'œil, ſoutendent des angles trop petits, ou ce qui eſt la même choſe, leur image occupe trop peu de place au fond de l'organe, pour y faire une impreſſion ſuffiſante.

Les hommes qui nous ont précédés de quatre à cinq ſiecles ou davantage, perdoient ainſi l'uſage de

XVII. LEÇON.

la vue, long-temps avant que de mourir ; pendant nombre d'années, ils étoient réduits à ne plus voir que les grands objets, & à ne les voir qu'imparfaitement ; mais enfin vers l'an 1300, on fit une heureuſe application de la propriété qu'ont les verres convexes, d'amplifier l'image des objets ; propriété connue 200 ans auparavant (*a*), dont on n'avoit tiré juſqu'alors aucune utilité. On croit avec beaucoup de vraiſemblance, que Bacon, Cordelier d'Oxford, eut plus de part que perſonne à cette importante invention (*b*) : Quoi qu'il en ſoit, on a des preuves certaines, qu'on ſe ſervoit communément de lunettes au commencement du 14e. ſiecle, & que

(*a*) Alhazen qui vivoit vers l'an 1100, dit très-expreſſément dans ſon Opt. Liv. 7. Chap. 48. que ſi un objet eſt appliqué à la baſe d'un grand ſegment d'une ſphere de verre, il paroîtra plus grand.

(*b*) *Voici les paroles de cet Auteur :* Si homo aſpiciat litteras & alias res minutas, per medium cryſtalli vel vitri vel alterius perſpicui ſuppoſiti litteris, & ſit portio minor ſpheræ, cujus convexitas ſit verſus oculum, & oculus ſit in aëre, longe meliùs videbit litteras, & apparebunt ei majores .... & ideò hoc inſtrumentum eſt utile ſenibus & habentibus oculos debiles. *Or le*

c'étoit

c'étoit une invention nouvelle (*c*).

Je crois avoir ſuffiſamment fait connoître dans l'article précédent, ce qui manque à la vue des preſbytes ou des vieillards, pour la viſion diſtincte, & de quelle maniere ils y ſuppléent, quand ce défaut n'eſt pas trop grand ; il me reſte à expliquer ici, comment l'uſage des lunettes vient au ſecours de la nature, lorſque ſes reſſources ſont épuiſées : c'eſt ce que je vais faire en deux mots.

Ces ſortes de vues ſont défectueu-

Frere Bacon mourut en 1292. Cependant M. Smith prouve aſſez bien, par la ſuite même du paſſage dont je viens de rapporter des fragments, que cet Auteur n'a pas inventé lui-même les lunettes ; mais on ne peut pas nier, qu'il n'ait bien mis ſur la voie, ceux qui avoient lu ſon Ouvrage.

(*c*) On cite un manuſcrit de 1299, qui eſt de la Bibliotheque de M. Redi, dans lequel on lit ce qui ſuit : *Mi trovo coſi gravoſo di anni, che nod arei volenza di legere e ſcrivere ſenza verri appellati okiali, trovati novellamente, per commodita delli poveri veki, quando affiebolano del vedere.*

Bernard Gordon, Médecin de Montpellier, qui écrivoit vers l'an 1305 ſon *Lilium Medicinæ*, dit, en recommandant un certain collyre qu'il croyoit très-bon : *Et eſt tantæ virtutis, quòd decrepitum faceret legere litteras minutas, abſque ocularibus.*

XVII. LEÇON.

ſes, parce que les humeurs de l'œil ont trop peu de convexité, ou qu'en changeant de nature par ſucceſſion de temps, elles ont perdu une partie de leur pouvoir réfractif : les rayons qui viennent d'un objet placé à 8 ou 10 pouces de diſtance, ſont trop divergents, pour s'y plier autant qu'il le faudroit; ils touchent le fond de l'organe avant que d'être raſſemblés; delà naît une viſion confuſe, ſelon ce que nous avons enſeigné précédemment. On remédie à ce mauvais effet, en mettant entre l'œil & l'objet, un verre d'une certaine convexité, dont la propriété eſt comme l'on ſait * de rendre tels rayons, ou moins divergents, ou paralleles, ou même convergents. Ainſi, en proportionnant la convexité du verre au défaut de l'œil, on diſpoſe de telle maniere les rayons incidents, que l'organe, tout foible qu'il eſt, ſe trouve en état de les réunir juſtement ſur la rétine, & l'image devient nette.

* *Page 302, IV. Réſultat.*

Les lunettes que les vieillards mettent ſur le nez, ſont donc compoſées de deux verres un peu convexes des deux côtés ou d'un ſeul : el-

les font voir plus diſtinctement, par les raiſons que je viens de déduire, & plus clairement, parce qu'en diminuant la divergence des rayons incidents, elles en font entrer une plus grande quantité dans la prunelle : on les nomme *binocles*, parce qu'elles ſervent en même-temps aux deux yeux, en quoi elles ſont plus avantageuſes que celles qui n'ont qu'un ſeul verre, & qu'on appelle *lorgnettes* ou *monocles* : car l'action ſimultanée des deux yeux rend la viſion plus forte & plus commode.

Comme le bon effet des lunettes, pour ceux qui en ont beſoin, vient de ce qu'elles changent à leur avantage la diſpoſition des rayons incidents, elles ne peuvent que nuire aux vues à qui la divergence naturelle de ces rayons eſt convenable ; voilà pourquoi les jeunes gens, qui voient bien ſans lunettes, ne diſtinguent plus rien, quand ils eſſayent de s'en ſervir. Les perſonnes mêmes à qui elles ſont utiles, pour les objets qu'elles regardent de près, les trouvent d'un mauvais uſage pour voir au loin ; parce que les rayons incidents étant alors

XVII. LEÇON.

comme paralleles, à cauſe du grand éloignement de l'objet, deviennent convergents, en paſſant par les lunettes, ce qui donne lieu à l'œil de les réunir trop tôt, & avant qu'ils ſoient arrivés à la rétine.

L'uſage des lunettes annonce ordinairement que nous commençons à vieillir: l'amour-propre nous diſſimule, autant qu'il peut, le beſoin que nous avons de ces inſtruments; c'eſt pourquoi l'on ménage notre délicateſſe, en nous les donnant d'abord ſous le nom de *conſerves*: tranchons le mot, ces conſerves ſont des lunettes, comme celles des vieillards, à cela près qu'elles ſont moins convexes: ſi elles ne le ſont pas du tout, comme on s'efforce de vous le faire croire, il eſt inutile de vous en maſquer le viſage; elles ne ſont bonnes à rien, ſi ce n'eſt dans le cas où l'on auroit le fond de l'œil ſi ſenſible, qu' on fût obligé de modérer la lumiere qui vient des objets qu'on regarde, alors on pourroit ſe ſervir de lunettes compoſées de verres plans & d'une couleur un peu verte.

Etant donnée la diſtance à laquelle

on eſt obligé de reculer les objets pour les voir diſtinctement, on peut déterminer le degré de convexité que doivent avoir les verres de lunettes, pour rendre la viſion diſtincte à 8 ou 10 pouces, comme elle l'eſt pour les vues ordinaires; il ne faut pour cela, qu'aſſujettir les rayons incidents aux loix de la réfraction, que nous avons établies dans la Dioptrique, ayant égard aux différents degrés de réfringence des humeurs de l'œil humain, & à leurs figures; mais il eſt encore plus ſimple & plus commode, quand on le peut, d'entrer dans les boutiques des marchands qui ont de ces inſtruments à choiſir, & de s'accommoder de celui avec lequel on voit le mieux.

Un autre défaut de la vue tout-à-fait oppoſé à celui dont je viens de parler, c'eſt de ne pouvoir diſtinguer les objets que de fort près: j'en ai dit la cauſe en parlant des myopes dans l'article précédent; je prie le lecteur de vouloir bien ſe la rappeller. Quand ces ſortes de vues ſont ſi courtes, qu'il ne ſuffit pas d'approcher les petits objets à 5 ou 6 pouces des yeux,

XVII. LEÇON.

c'eſt une incommodité des plus grandes; on eſt à demi-aveugle, parcequ'on ne diſtingue preſque plus rien de ce qui ſe paſſe à 5 ou 6 pas; & pour examiner ce qu'on tient à la main, on ne peut employer qu'un œil à la fois, parce que les axes optiques ne peuvent plus ſe réunir ſur un même point, quand l'angle qu'ils forment entr'eux, doit être plus grand que de ſoixante degrés: ajoutez à cela, que quand on regarde de ſi près, il eſt très-difficile que l'objet ſoit éclairé ſuffiſamment.

C'eſt donc rendre un très-grand ſervice à ceux qui ont la vue trop courte, que de leur procurer le moyen de bien voir de plus loin; & c'eſt ce que l'on fait, en mettant devant leurs yeux un verre concave, dont la propriété eſt de rendre divergents les rayons qui ne le ſont pas, & d'augmenter la divergence de ceux qui n'en ont point aſſez *. Car le défaut de cette ſorte de vue, venant, comme je l'ai dit, de ce que les rayons trop fortement réfractés dans les humeurs de l'œil, ſe raſſemblent avant que d'arriver à la rétine, on porte infailliblement cette réunion plus loin,

* Pag. 326. III. Réſultat.

en augmentant la divergence des rayons incidents; il ne s'agit que de proportionner la concavité du verre, à l'excès de convexité qui fait le vice de l'organe. C'eſt ce que l'on peut déterminer encore par les regles de la Dioptrique; mais dans la pratique, il eſt plus court de choiſir dans pluſieurs verres de cette eſpece, celui qui fait le mieux voir.

Les perſonnes qui ſe ſervent de verres concaves, voient les objets plus petits qu'à la vue ſimple; mais ils les voient nettement, & à des diſtances plus grandes : on dit communément, que les vues courtes durent plus long-temps que les autres, ſi cela eſt auſſi vrai que conſolant, on en peut rendre raiſon en diſant, que comme les yeux des myopes pechent par trop de convexité, s'ils s'applatiſſent en vieilliſſant, ils ne doivent point arriver auſſi-tôt que d'autres, à l'excès oppoſé. Ce qu'il y a de certain, c'eſt que les perſonnes qui ont la vue courte, écrivent, & aiment à lire les petits caracteres : mais je ne regarde pas ce penchant comme le ſigne d'une meilleure vue; je crois

XVII. Leçon.

que cela vient plutôt, de ce qu'ils en découvrent plus d'un ſeul coup d'œil.

On peut faire voir très-ſenſiblement les effets des lunettes, tant convexes que concaves, par une expérience très-curieuſe. Prenez cet œil artificiel que j'ai employé dans l'expérience de l'article précédent, & qui eſt repréſenté par la *Fig.* 3. tirez un peu en avant le petit tuyau qui porte la lentille de verre, & alors vous verrez que les images des objets ſeront très-confuſes, ſur le papier huilé; c'eſt le cas d'une vue courte, ou d'un œil trop convexe, qui raſſemble les rayons avant qu'ils ſoient parvenus à la rétine: préſentez devant le tuyau un verre un peu concave; vous verrez auſſi-tôt, que l'image qui étoit confuſe, deviendra très-diſtincte.

Faites enſuite tout le contraire: enfoncez le tuyau plus qu'il ne faut, pour repréſenter la viſion naturelle; c'eſt le cas de l'œil presbyte, qui ne peut pas réfracter les rayons aſſez pour les réunir ſur la rétine; auſſi l'image ſera-t-elle encore très-confuſe ſur le papier huilé: mais elle deviendra nette

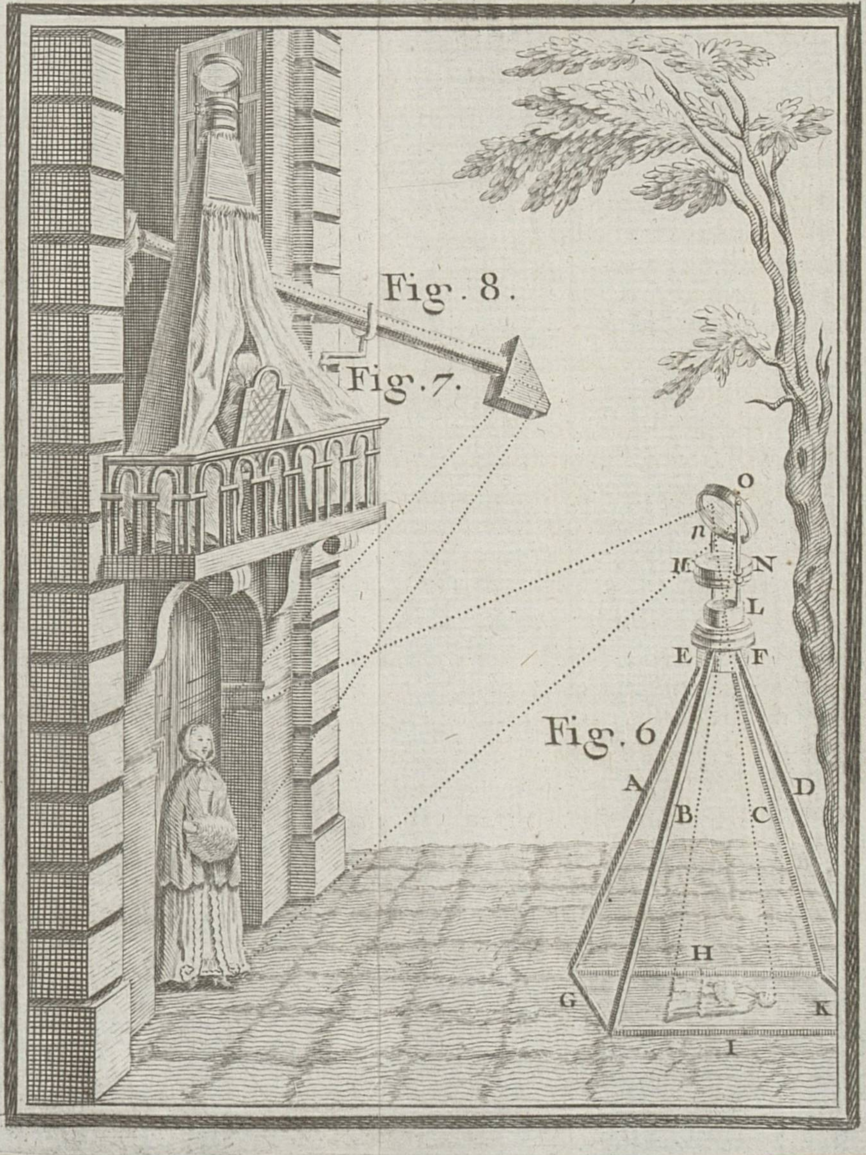


Fig. 8.
Fig. 7.
Fig. 6
O
n
N
L
E
F
A
D
B
C
H
G
K
I

nette & diſtincte, dès que vous mettrez devant le tuyau, la lunette d'un vieillard, c'eſt-à-dire, un verre un peu convexe (*a*). XVII. LEÇON.

Chambre obſcure.

Après l'œil artificiel dont je viens de parler pour la ſeconde fois, rien ne repréſente mieux les effets de la viſion, que ce qui ſe paſſe dans une chambre bien obſcure, dans laquelle il n'entre du jour, que par un trou d'un pouce de diametre ou environ, pratiqué à la fenêtre. Un Phyſicien du 16e. ſiecle (*b*) remarqua le premier que les objets du dehors ſe deſſinoient comme des ombres, ſur la muraille & au plancher de ſa chambre : cet effet le ſurprit agréablement, il l'étudia avec attention, il le perfectionna, & enſeigna dès lors les moyens de rendre cette repréſentation plus diſtincte, en mettant au trou de la

(*a*) Pour faire cette expérience à coup sûr, il faut avoir marqué auparavant ſur le tuyau, les degrés d'enfoncement qu'il doit avoir, ſelon le plus ou le moins de convexité & de concavité des verres qu'on doit placer devant.

(*b*) Jean-Baptiſte Porta, dans ſa Magie naturelle qui fut imprimée en 1560.

fenêtre un verre lenticulaire, dont le foyer ſoit à la diſtance de la muraille qui eſt au fond de la chambre, ou d'un carton blanc qu'on approche davantage.

Depuis ce tems-là on a rendu cette expérience portative, en employant au lieu de chambre, une boîte dont on a varié d'une infinité de manieres, la grandeur, la forme, la diſpoſition, en gardant toujours ce qu'il y a d'eſſentiel, c'eſt-à-dire, un verre lenticulaire qui a ſon foyer ſur un fond blanc, placé dans un lieu obſcur. Suppoſez, par exemple, une boîte un peu plus longue que large, comme *ABCD*, *Fig.* 5. (*a*), garnie d'un tuyau *E*, fixé à l'un de ſes petits côtés, pour recevoir un autre tuyau mobile *F*, qui porte un verre lenticulaire, dont le foyer eſt à la diſtance du fond *AC*. On voit que par les rayons qui ſe croiſent en paſſant dans le verre *F*, l'objet ſe peint renverſé au fond de la boîte, comme ſur le mur de la chambre dont j'ai

(*a*) Dans la figure, on a laiſſé la moitié d'un des grands côtés ouverte, pour faire mieux entendre les effets qui ſe paſſent au-dedans.

parlé d'abord ; & l'on en jugera encore mieux, ſi ce fond *AC*, au lieu d'être de bois, eſt un morceau de glace dépolie, ou un chaſſis garni d'un papier huilé.

Si l'on veut que l'objet paroiſſe droit à quelqu'un qui aura l'œil placé en *A*, il faut placer dans la boîte un miroir qui ait une inclinaiſon de 45 degrés, comme *AG*, & que la moitié du couvercle puiſſe s'ouvrir comme *HIKL* : alors, ſi l'on met la glace dépolie, ou le chaſſis dont je viens de parler, ſur la partie découverte *AKL*, les rayons réfléchis par le miroir, y porteront l'image de l'objet dans une ſituation droite, pour le ſpectateur qui aura l'œil en *A*.

Il eſt à propos que la partie du couvercle qui ſe leve, porte avec elle deux joues *Hm*, & ſa pareille attachée au côté *IL*, pour faire de l'obſcurité ſur le plan qui reçoit l'image. Et comme les rayons de lumiere qui viennent d'un objet éloigné, ſont moins divergents que ceux qui viennent de plus près, il faut avancer ou reculer le tuyau mobile *F*, ſuivant la diſtance des objets qu'on veut

voir, pour avoir leurs images bien diſtinctes.

XVII. LEÇON.

Les chambres noires ou obſcures qu'on fait ainſi avec des boîtes, ſoit qu'elles ſe démontent ou non, ne ſont pas auſſi portatives qu'on le voudroit, ou bien on eſt réduit à n'avoir que des images fort petites : car ſi le foyer du verre eſt long, la boîte doit être grande à proportion. Il y a environ 25 ans que j'en ai imaginé une qui eſt très-légere, qui tient peu de place, & dont le verre peut avoir 30 pouces de foyer & même davantage. C'eſt une pyramide quarrée, formée par quatre tringles de bois *A*, *B*, *C*, *D*, *Fig.* 6. aſſemblées par en haut dans un collet de même matiére *EF*, & par en bas aux quatre coins d'un chaſſis *GHIK* ; tous ces aſſemblages ſont à charniére, & chaque côté du chaſſis ſe briſe de même dans ſon milieu, de ſorte qu'en ouvrant quatre crochets pour laiſſer le jeu libre aux charniéres *G*, *H*, *I*, *K*, les montants ſe plient & ſe raſſemblent comme les baleines d'un parapluie, & à côté d'eux les traverſes qui forment le chaſſis.

Le collet *EF* eſt percé à jour, pour recevoir un tuyau de carton *L*, garni d'un verre objectif, qui a ſon foyer à la baſe de la pyramide. La partie *L* plus menue que le reſte, reçoit un autre collet *MN*, qui tourne deſſus avec liberté, & qui porte à ſa circonférence deux petits tuyaux de cuivre *N*, *n*, fendus ſuivant leur longueur, pour faire reſſort.

Dans ces tuyaux gliſſent de haut en bas deux petits montants de métal, qui portent une eſpece de couvercle *O*, au fond duquel eſt ajuſté un miroir plan. On a fixé au bord de cette piece deux tenons ou pivots diamétralement oppoſés, qui tournent avec un peu de frottement, dans des trous pratiqués au bout des montants, leſquels pour cet effet, ſont applatis comme la tête d'un compas. Lorſqu'on a joint le ſecond collet *MN* au premier *EF*, on peut donc, ſans remuer la pyramide, tourner le miroir vers différents points de l'horiſon, & l'incliner, autant qu'on le veut, pour chercher les objets qu'on a deſſein de voir. Et quand le couvercle eſt entiérement baiſſé, il forme, avec les

XVII. LEÇON.

deux collets, une eſpece de boîte qui termine la pyramide, & qui renferme le verre & le miroir, qui ſont les pieces les plus caſuelles de l'inſtrument. On couvre d'un gros drap verd doublé en dedans de taffetas noir, trois côtés entiers de la machine & une partie *AEB* du quatrieme; en *AB* & aux parties inférieures des deux montants, on attache un rideau de quelque étoffe noire un peu épaiſſe, dont on puiſſe ſe couvrir la tête & les épaules. Il faut auſſi que le drap des trois autres côtés déborde de 2 ou 3 doigts par en bas.

Pour faire uſage de cette machine, on la poſe ſur une table bien droite, & couverte d'une grande feuille de papier blanc, dans un lieu ſombre & qui ſoit un peu élevé; on prend le temps où les objets ſont bien éclairés; on s'aſſied ayant le dos tourné vers eux, & l'on avance un peu ſa tête ſous le rideau, ayant ſoin qu'il n'entre pas d'autre jour que celui qui vient par l'objectif: voyez la *Fig.* 7. La machine étant pliée, le drap & le rideau ſe tournent autour des montants, & le tout ſe met dans un ſac

de toile long & étroit ; ce qui la met en état d'être tranſportée fort aiſément.

On voit par la ſeule inſpection de la *Fig.* 6. que les rayons de lumiere partant des différents points de l'objet, vont frapper le miroir ; & qu'après s'être croiſés dans l'objectif, ils vont deſſiner l'image ſur la table, dans une ſituation droite, pour la perſonne qui regarde par le côté *AB* de la pyramide. Cette eſpece de chambre noire pourroit ſervir pour voir ce qui ſe paſſe au dehors d'une place aſſiégée, ſans expoſer ſa tête ; car rien n'empêche que la table ſur laquelle on la poſe, ne ſoit derriere un rempart, & que la piece qui porte le miroir, ne s'éleve au-deſſus.

Polémoſcopes.

On appelle ainſi les inſtruments, ſoit de Dioptrique, ſoit de Catoptrique, par le moyen deſquels on peut voir ſans être vu. Ordinairement la partie principale eſt un miroir incliné, qui renvoie l'image de l'objet au ſpectateur, qui ne peut pas le voir en droite ligne. Un homme ſédentaire

XVII. LEÇON.

& curieux, du milieu de ſa chambre & ſans quitter ſon bureau, un malade aſſis ſur ſon lit, ſe procure la vue de ce qui ſe paſſe dans une longue rue ou dans une place publique, par le moyen d'une glace placée au côté d'une fenêtre, avec une inclinaiſon convenable; un pareil miroir incliné à l'horizon, & qui s'avance un peu hors de la fenêtre, met un homme d'étude en état de ſe ſouſtraire aux viſites importunes, en lui faiſant connoître ceux qui heurtent à la porte de ſa maiſon.

Quand on veut un polémoſcope portatif, on incline la glace de 45 degrés au fond d'une boîte, dont le devant reſte tout-à-fait ouvert. Et l'on fait au côté de cette boîte ſur lequel la glace eſt inclinée, un trou de 2 pouces de diametre ou environ, pour recevoir un tuyau de la longueur qu'on le veut avoir. Voyez dans la *Fig.* 8. comment les rayons réfléchis par le miroir, vont porter l'image de l'objet à l'œil, qu'on ſuppoſe au bout du tuyau.

Avec cet inſtrument, l'on peut voir par-deſſus la muraille d'une ville, d'un

jardin, même dans une chambre voiſine & placée ſur la même ligne de celle où l'on eſt, pourvu que la fenêtre en ſoit ouverte, & qu'il y ait aſſez de lumiere. Il y a des gens qui portent de ces inſtruments dans leur poche, en forme de lorgnette d'Opera, & qui regardent tout à leur aiſe les perſonnes qui ſont à côté d'eux, dans le temps qu'on les croit occupés de ce qui ſe paſſe au loin & devant eux: ils cachent par ce petit ſtratageme, une curioſité qui paſſeroit ſouvent pour une indiſcrétion & une impoliteſſe.

Curioſités, Perſpectives, ou Optiques.

On donne communément tous ces noms à certaines boîtes dans leſquelles des objets convenablement éclairés, ſe font voir ſous des images amplifiées & dans l'éloignement, par le moyen des miroirs & de quelques verres convexes: la conſtruction de ces machines ſe varie de tant de manieres, que je ne puis ni ne dois parler ici de toutes celles qui ſont connues; je ferai mention de deux ou trois, & je ſuppoſerai des objets fort

ſimples, afin que l'on comprenne mieux les effets.

XVII. LEÇON.

On ſe ſouviendra, qu'en expliquant les propriétés du miroir ſphérique concave, j'ai fait remarquer, que quand l'objet eſt placé plus loin de la ſurface réfléchiſſante, que le foyer des rayons paralleles, ſon image ſe trouve renverſée & devant le miroir. En conſéquence de cela, on ſe procure un joli ſpectacle, ſi l'on met un tableau qui repréſente un payſage, devant un de ces miroirs, & qu'en s'éloignant un peu, on regarde pardeſſus dans le miroir : il faut, pour bien faire, que le tableau ſoit fort éclairé, & que le miroir ſoit dans l'obſcurité : ceux qu'on fait en Angleterre avec des glaces courbées & miſes au tain, rendent ces repréſentations plus vives & plus nettes que ceux de métal, parce qu'ils réfléchiſſent mieux la lumiere, & qu'ils ſont moins ſujets à ſe ternir.

Ces illuſions ſe multiplient agréablement, quand on ſe ſert d'une boîte longue repréſentée par la *Fig.* 9. dont le deſſus n'eſt qu'une gaze ou un taffetas blanc & très-mince, pour

laiſſer paſſer beaucoup de lumiere; l'un des petits côtés *AB*, porte un miroir concave, dont le foyer eſt à la diſtance *F*; & ſur l'autre en dedans, on gliſſe ſucceſſivement des cartons peints qui repréſentent des édifices, des jardins, & d'autres objets ſemblables: on place l'œil vis-à-vis d'un trou, qui eſt percé à jour dans le même côtê de la boîte, un peu au-deſſus des cartons.

Si les deux grands côtés d'une pareille boîte ſont ornés de peintures, telles que celles dont je viens de parler; que ſur le fond, il y ait des petites figures iſolées de bois, d'émail, ou de carton, en repos ou en mouvement, & que les deux petits côtés ſoient couverts de deux miroirs plans; en regardant ſimplement par le trou *D*, on verra tous ces objets multipliés preſque à l'infini & dans un grand éloignement, pour les raiſons que j'ai déduites, en expliquant les effets des miroirs plans: & ce petit ſpectacle deviendra encore plus divertiſſant, ſi l'on met au trou un verre lenticulaire, dont le foyer ſoit à-peu-près au milieu de la longueur de la

XVII. LEÇON.

boîte; car ce verre ne manquera pas d'amplifier les images & les diſtances.

On donne encore à ces ſortes de boîtes la forme d'une tour quarrée, *Fig.* 10. au haut de laquelle il y a un miroir incliné comme *CE*: les images de tous les objets rangés dans la longueur de la boîte, ſont renvoyées par le miroir à l'œil, qui les apperçoit dans la direction horizontal *FG*. Le côté oppoſé à *FH*, eſt celui qui eſt couvert de gaze ou de taffetas, & que l'on tourne du côté du jour. Le petit tuyau *F* porte auſſi un verre lenticulaire, pour faire paroître le lieu & les objets plus grands.

Téleſcopes & Lunettes d'approche.

Ce ſont des tuyaux dans leſquels des verres ou des miroirs (quelquefois les uns & les autres) combinés d'une certaine maniere, nous font appercevoir diſtinctement des objets trop éloignés pour la vue ſimple. On les nomme *téleſcopes*, parce que le premier & le plus important uſage qu'on en ait fait, a été d'examiner les aſtres connus, & d'en découvrir

d'autres qui ne l'étoient pas. Quand on s'en ſert pour les objets terreſtres, le vulgaire les appelle lunettes *d'approche*, parce que ces inſtruments ſemblent diminuer la diſtance qui eſt entre l'objet & le ſpectateur.

L'invention des téleſcopes a été d'un grand ſecours pour les progrès de l'Aſtronomie; c'eſt de cette époque qu'il faut dater les plus belles découvertes qui ont été faites dans cette ſcience, par Képler, Galilée, Huyghens, Dominique Caſſini, Halley, Roëmer, Bradley, &c. Avant ce temps-là on ne connoiſſoit ni ce qu'on appelle montagnes, vallées & mers dans la Lune, ni les taches du Soleil, ni les ſatellites de Jupiter: on ignoroit pareillement ceux de Saturne & ſon anneau, les phaſes de Vénus, le diametre des autres planettes, leurs rotations ſur leur axe, la durée de ces révolutions, & toutes les conſéquences qu'on eſt en droit de tirer de tous ces faits bien conſtatés.

Auſſi pluſieurs Nations ſe diſputent-elles l'honneur d'avoir inventé les téleſcopes. Guillaume Molineux & Samuël ſon fils le revendiquent

XVII. LEÇON.

pour l'Angleterre, en attribuant cette invention à Roger Bacon, que j'ai déja cité ci-deſſus : mais M. Smith prouve aſſez bien, par la maniere même dont ce Religieux s'eſt énoncé, qu'il n'a fait que prévoir tout au plus, ce qu'on pourroit faire par le moyen des verres lenticulaires, & qu'il n'a jamais fait ſur cela aucune épreuve, à laquelle on puiſſe rapporter la découverte dont il s'agit.

M. Huyghens croit que c'eſt un effet du hazard; mais il le fait naître dans ſa patrie : « Quelques-uns, dit-il, » *attribuent la premiere invention » du téleſcope à Jacques Métius ha- » bitant d'Alcmaër; mais je ſuis cer- » tain qu'un ouvrier en avoit fait avant » lui à Middelbourg en Zélande vers » l'an 1609. il ſe nommoit Jean Lip- » persheim ſelon Sirturus, & Zacha- » rie ſelon Borelli (*a*), &c. ». Ce qu'il y a de certain, c'eſt que les premiers téleſcopes ont été compoſés de deux verres, dont l'un étoit convexe &

* *Dans ſa Dioptrique p. 163.*

(*a*) M. Muſchenbroek rapporte cette découverte à l'année 1590, & l'attribue à Zacharie Janſze & Jean Lippersheim, habitants de Middelbourg en Zélande. *Eſſai de Phyſiq. p. 598.*

l'autre concave, & que ceux de cette eſpece ſe nomment encore aujourd'hui *téleſcopes Hollandois.* XVII. LEÇON.

Ces premiers inſtruments, production du hazard & d'une induſtrie peu éclairée, n'euſſent jamais été d'une grande utilité, ſi l'on eût abandonné le ſoin de les perfectionner, aux Artiſtes qui en avoient fait la dècouverte : mais dès qu'ils furent connus, les Savants s'en emparerent ; entre les mains de Galilée, de Képler, & de M. Huyghens, leur conſtruction fut réglée, ſuivant les principes bien entendus & bien médités de la Dioptrique ; & le célebre Campani (*a*) y ajouta l'exécution la plus heureuſe & la plus réguliere.

Le téleſcope de Galilée, le même que celui des Hollandois, à cela près qu'il eſt conſtruit dans de meilleures proportions, eſt compoſé de deux verres, dont l'un qui eſt convexe, ſe nomme *objectif*, parce qu'il eſt placé au bout du tuyau qu'on tourne vers l'ojet, l'autre qui eſt concave, s'appelle *oculaire*, parce qu'il eſt à l'autre bout

(*a*) Artiſte de Rome très-habile & très-inſtruit.

XVII. LEÇON.

où ſe préſente l'œil de l'obſervateur: voici, autant qu'on le peut repréſenter dans une petite figure, quelle eſt la marche des rayons dans cet inſtrument, & comment il amplifie l'image de l'objet.

Il faut ſuppoſer que l'objet *AB*, *Fig.* 11. eſt tellement éloigné, que les jets de lumiere qui viennent de chaque point de ſa ſurface tomber ſur l'objectif, comme *AC*, *BC*, ſont compoſés de rayons, non ſenſiblement divergents comme dans la figure, mais preſque paralleles entr'eux. Ces jets cylindriques ou à peu près, en traverſant le verre convexe, ſe convertiſſent en autant de pyramides, qui formeroient par leurs pointes l'image renverſée *ab* de l'objet, ſans l'interpoſition de l'oculaire *D*, lequel étant concave, rend paralleles entr'eux les rayons de chaque pyramide. Ainſi chacun de ces jets ou pinceaux entrant dans le cryſtallin de l'œil *E*, comme s'il venoit d'un lieu fort éloigné, ne s'y rompt qu'autant qu'il le faut, pour former une pointe au fond de l'organe *FG*; & par ce moyen, il s'y deſſine une image diſtincte & ren-

verſée,

verſée, comme elle le ſeroit à la vue ſimple: c'eſt pourquoi cette eſpece de téleſcope fair voir les objets dans leur ſituation naturelle & ſous un plus grand angle, ce qui augmente leur grandeur apparente.

Ce téleſcope ne pouvant avoir qu'une longueur très-limitée (*a*), ne peut pas groſſir beaucoup; d'ailleurs, il a peu de champ, c'eſt-à-dire que l'œil qui s'en ſert, ne peut embraſſer que très peu d'objets d'un ſeul aſpect, parce que les faiſceaux de lumiere qui ſortent de l'oculaire étant divergents entr'eux, la prunelle ne peut pas comprendre en même-temps ceux qui viennent des extrémités d'un grand objet.

On trouve dans la Dioptrique de Képler, qui fut imprimée en 1611, la deſcription d'un téleſcope, qui fut dès-lors qualifié d'*Aſtronomique*, parce qu'il eſt bien meilleur que le précédent, pour obſerver le ciel; il eſt composé de deux verres convexes placés aux deux extrémités d'un tuyau, de maniere que leurs foyers coinci-

(*a*) Les plus grandes lunettes de cette eſpece n'ont que 15 ou 18 pouces

XVII. LEÇON.

dent au même endroit ; ainſi la longueur totale de l'inſtrument réſulte de celles des deux foyers *CF*, *DF*, priſes en ſomme, *Fig.* 12.

Les jets de lumiere *AC*, *BC*, qu'on ſuppoſe venir de fort loin, & qui par conſéquent ſont compoſés de rayons preſque paralleles, en paſſant par le verre objectif *C*, ſe convertiſſent en autant de pyramides, dont toutes les pointes deſſinent l'image de l'objet à la diſtance *F*, où eſt le foyer du verre. Mais ces rayons ſe croiſant, deviennent divergents ; s'ils tombent ſur un verre lenticulaire *D*, dont le foyer ſoit à la diſtance de *E*, où commence leur divergence, ils deviennent paralleles entr'eux, en même-temps que les jets qu'ils compoſent, tendent à ſe réunir dans l'œil qui eſt placé en *E*.

L'objet paroît donc ſous l'angle *GEH*, beaucoup plus grand que ne ſeroit *AEB*, par la vue ſimple ; & l'image eſt droite au fond de l'œil, puiſque c'eſt celle qui eſt renverſée en *F*, qui devient l'objet immédiat de la viſion ; par conſéquent le véritable objet *AB*, doit paroître le haut en bas.

Ce dernier effet eſt un inconvénient par-deſſus lequel on paſſe, quand on n'a, comme les Aſtronomes, que des corps ronds à obſerver, & que l'on cherche comme eux, à conſerver à l'inſtrument toute la clarté dont il eſt ſuſceptible ; mais pour voir ſur la terre cela eſt incommode, on aime à voir les objets dans leurs ſituations naturelles. On ſe procure cet avantage en ajoutant deux oculaires convexes au premier : car par la ſeule inſpection de la *Fig.* 13. on voit que, ſi au lieu de placer l'œil en *E*, pour recevoir les faiſceaux de rayons paralleles qui viennent s'y rendre, on les laiſſe ſe croiſer, & qu'on les reçoive enſuite ſur un ſecond oculaire *K*, de paralleles qu'ils ſont, ils deviennent convergents, & forment une ſeconde image, mais en ſens contraire de la premiere qui eſt en *F*. Après quoi, s'ils paſſent à un autre oculaire *L*, ce verre qui les reçoit divergents de la diſtance *f* où eſt ſon foyer, leur rend le paralléliſme qu'ils avoient avant que d'entrer dans le verre *K*, & les jets qui en réſultent, vont de part & d'autre à l'œil placé en *M*, dans le

même ordre qu'ils ont en *E*, en ſortant du téleſcope Aſtronomique. Mais comme c'eſt la ſeconde image *a f b* qui eſt ici l'objet immédiat de la viſion, & que cette image eſt en ſens contraire de la premiere *b F a*, ou plutôt dans le même ſens que l'objet réel, elle doit être apperçue, comme on le voit-lui même à la vue ſimple.

Dans ces téleſcopes, tant à deux qu'à quatre verres convexes, la grandeur du champ dépend de la largeur de l'oculaire ; car comme les rayons de lumiere qui viennent des extrémités oppoſées de l'objet, ſe croiſent dans l'objectif, il eſt aiſé de concevoir, que plus l'oculaire eſt large, plus il embraſſe de ces rayons, qui s'écartent les uns des autres après leurs croiſements. Cependant on ne laiſſe pas aux oculaires toute la largeur qu'ils pourroient avoir, parce que la lumiere qui paſſe trop près des bords, ne s'y réfracte pas auſſi réguliérement, que vers le milieu. Quand à la quantité dont ces inſtrumens groſſiſſent les objets, on peut prendre ceci pour regle : la grandeur apparente par le téleſcope eſt à la grandeur apparen-

te à la vue ſimple, comme la diſtance CF, eſt à la diſtauce DF, c'eſt-à-dire, que ſi le foyer de l'objectif eſt 30 fois plus long que celui de l'oculaire, le diametre de l'objet vu par la lunette, paroîtra 30 fois plus grand qu'à la vue ſimple.

XVII. Leçon.

Les téleſcopes de réfraction, pour groſſir beaucoup, doivent être fort longs, ce qui les rend embaraſſants & difficiles à manier; ils ont encore un autre défaut, c'eſt que les images qu'ils amplifient à un certain point, manquent de clarté & de netteté: on attribua d'abord cette derniere imperfection, à des cauſes qui n'y avoient pas grande part (*a*), & les moyens dont on convint pour y remédier, n'auroient pas réuſſi quand ils euſſent été praticables (*b*).

Ces conſidérations firent naître l'i-

(*a*) Voyez ce que j'ai rapporté à ce ſujet, au commencement du 1 Article de la 3 Section. Conſultez de plus l'Optique de Newton, Liv. 1. Part. 1. prop. 7. où il démontre, que l'erreur qui vient de la ſeule ſphéricité des verres d'un téleſcope eſt pluſieurs centaines de fois moindre, que celle qui vient d'une autre ſource qu'il déſigne, & à laquelle on ne peut pas remédier.

(*b*) Si l'objectif d'un téleſcope, au lieu d'être

XVII. LEÇON.

dée d'employer des miroirs au lieu des verres, pour former les images des objets; ce moyen paroiſſoit plus sûr en ce que les rayons de lumiere, de quelque eſpece qu'ils ſoient, font toujours leur angle de réflexion égal à celui de leur incidence ; un autre avantage qui ne paroiſſoit pas moins réel, & qui étoit très-important, c'eſt qu'il étoit évident que ces nouveaux inſtruments, pour groſſir autant que les téleſcopes de Dioptrique, n'auroient pas beſoin d'être auſſi longs. Jacques Grégory d'Aberdéen produiſit le premier téleſcope de réflexion en 1663 ; peu d'années après, Newton en fit un d'une conſtruction différente, dont on trouve la Deſcription dans les Tranſact. Philoſ. n°. 80. & dans ſon Optique vers la fin de la 1 partie du 1 Livre.

une portion de ſphere, étoit d'une figure hyperbolique ou elliptique, comme on avoit trouvé qu'il falloit le faire, il ſeroit néceſſairement fort épais, & par conſéquent il intercepteroit trop de lumiere : de plus, il ne réuniroit bien que les rayons paralleles à ſon axe ; ceux qui viendroient des côtés de l'objet, ſe raſſembleroient moins bien que par une lentille d'une courbure ſphérique.

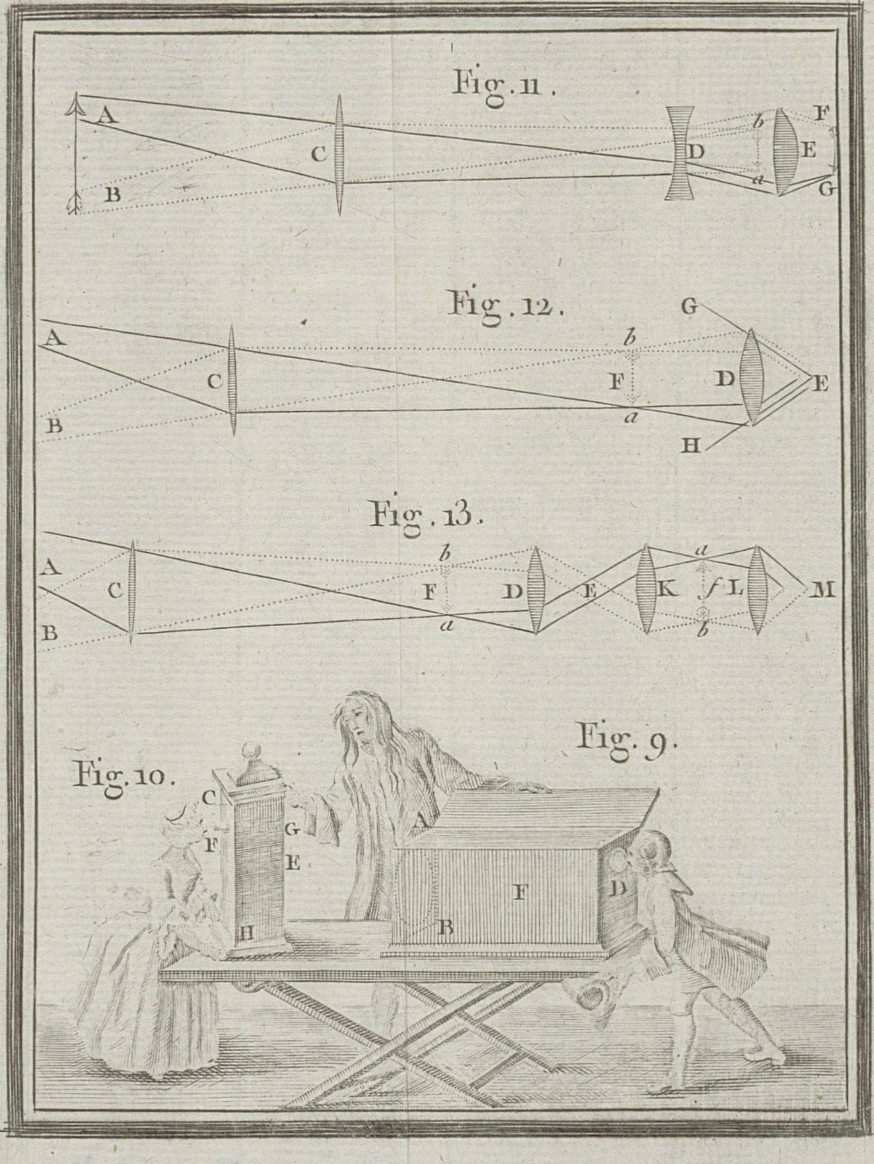


Fig. 11.
A
B
C
D
b
a
E
F
G
Fig. 12.
A
B
C
b
F
a
D
E
G
H
Fig. 13.
A
B
C
b
F
a
D
E
K
a
f
L
b
M
Fig. 9.
Fig. 10.
C
F
G
E
H
A
F
B
D

Quoique le téleſcope de Newton n'ait été publié qu'après celui de Grégory, il paroît cependant que ce dernier n'a pas été auſſi-tôt en uſage, ſoit par des retardements d'exécution, ſoit qu'on le trouvât moins parfait ; ce ne fut guere que vers l'année 1726, que les ouvriers commencerent à en débiter à Londres, après qu'il eut été perfectionné par M. Hadley.

Le téleſcope Newtonien eſt composé d'un large tuyau *DDDD*, au fond duquel eſt fixé un miroir concave de métal *GH*, dont le foyer eſt vers l'autre bout, qui eſt ouvert. Entre ce miroir concave & ſon foyer, eſt un autre miroir de métal *IK*, plan, beaucoup plus petit que le premier, de figure ovale, incliné de 45 dégrés à l'axe du tuyau, & porté par une tige, avec laquelle il ſe meut en avançant & reculant ſuivant la longueur du tuyau. Vis-à-vis de ce petit miroir, le tuyau eſt percé d'un trou rond, pour recevoir un autre petit tuyau *LL* garni d'une ou de plusieurs lentilles. La place de l'œil eſt en *O*, où il y a une ouverture d'une

XVII. LEÇON.

ligne de diametre tout au plus. Voici quelle eſt la marche de la lumiere, dans cet inſtrument.

Il faut ſuppoſer que *A G*, *B H*, ſont deux faiſceaux de rayons paralleles ou très-peu divergents, qui viennent des deux extrémités oppoſées d'un objet qui eſt fort éloigné, & qui ſe ſont croiſés avant que d'entrer dans le téleſcope, de ſorte que *A G*, vient de la partie ſupérieure, & *B H* de la partie inférieure de cet objet. Dès que ces jets de lumiere tombent ſur les parties *G*, *H* du miroir concave, les rayons qui les compoſent, de paralleles qu'ils ſont ou à peu-près, deviennent convergents au foyer *F*, comme on l'a vu dans la Catoptrique; & il ſe formeroit en cet endroit, une image renverſée de l'objet, ſans l'interpoſition du petit miroir *I K*, qui arrête & réfléchit ces pyramides de lumiere, vers le trou latéral *L L*; d'où il arrive, que l'image eſt tranſpoſée en *c d*, ſans aucun autre changement, attendu que le petit miroir eſt plan.

De l'endroit où ſe forme l'image, les rayons de chaque faiſceau recommencent à diverger entr'eux: en paſ-

ſant

ſant enſuite par la lentille *L L* dont le foyer eſt à la diſtance *c d*, ils redeviennent paralleles ; & les jets cylindriques qu'ils forment, s'avancent en convergeant vers l'œil, qui apperçoit l'image de l'objet ſous l'angle *L O L*, & par conſéquent beaucoup plus grande qu'à la vue ſimple, mais dans une ſituation renverſée. On peut la redreſſer, en mettant dans le petit tuyau trois lentilles au lieu d'une, comme dans les téleſcopes de Dioptrique.

Afin qu'on puiſſe employer dans le tuyau *L L*, des lentilles de différents foyers, ce tuyau & le petit miroir s'avancent & ſe reculent enſemble, ſuivant la longueur du téleſcope ; par ce moyen, l'image *c d* s'approche ou s'éloigne de la lentille *L L*. Et comme on eſt obligé de regarder de côté, pour diriger avec plus de facilité l'inſtrument vers l'objet, on y joint ordinairement une lunette compoſée de deux verres, dont l'axe eſt parallele à celui du téleſcope. Le tout eſt porté ſur un pied qui ſe hauſſe & ſe baiſſe à volonté ; & le corps de l'inſtrument eſt ſoutenu par deux pivots

XVII. LEÇON.

fixés au milieu de ſa longueur, & ſur leſquels il tourne, pour s'incliner autant qu'on le veut. Voyez la *Fig.* 15.

Le téleſcope Grégorien, tel qu'il eſt aujourd'hui, eſt auſſi compoſé d'un gros tuyau *DDDD*, *Fig.* 16. au fond duquel eſt un miroir concave de métal *GH*, percé au milieu. Vers l'autre bout, eſt un ſecond miroir de métal *IK* plus concave que le premier, dont le diametre eſt un peu plus grand que celui du trou qui eſt au milieu du grand miroir; il eſt porté par une tige qui tient au tuyau, & avec laquelle il peut s'avancer & ſe reculer dans une couliſſe pratiquée à cet effet. Le trou du grand miroir répond à un petit tuyau dans lequel il y a un verre plan convexe *Ll*, & un autre *Mm* qui eſt taillé en méniſque ou en lentille; & l'ouverture du côté de l'œil en *O*, eſt un très-petit trou rond.

Pour entendre comment les images ſe forment dans cet inſtrument, il faut encore ſuppoſer, comme on l'a fait ci-deſſus, pour le téleſcope Newtonien, que *AG*, *BH*, ſont des faiſceaux de rayons qui viennent des extrémités oppoſées d'un objet très-

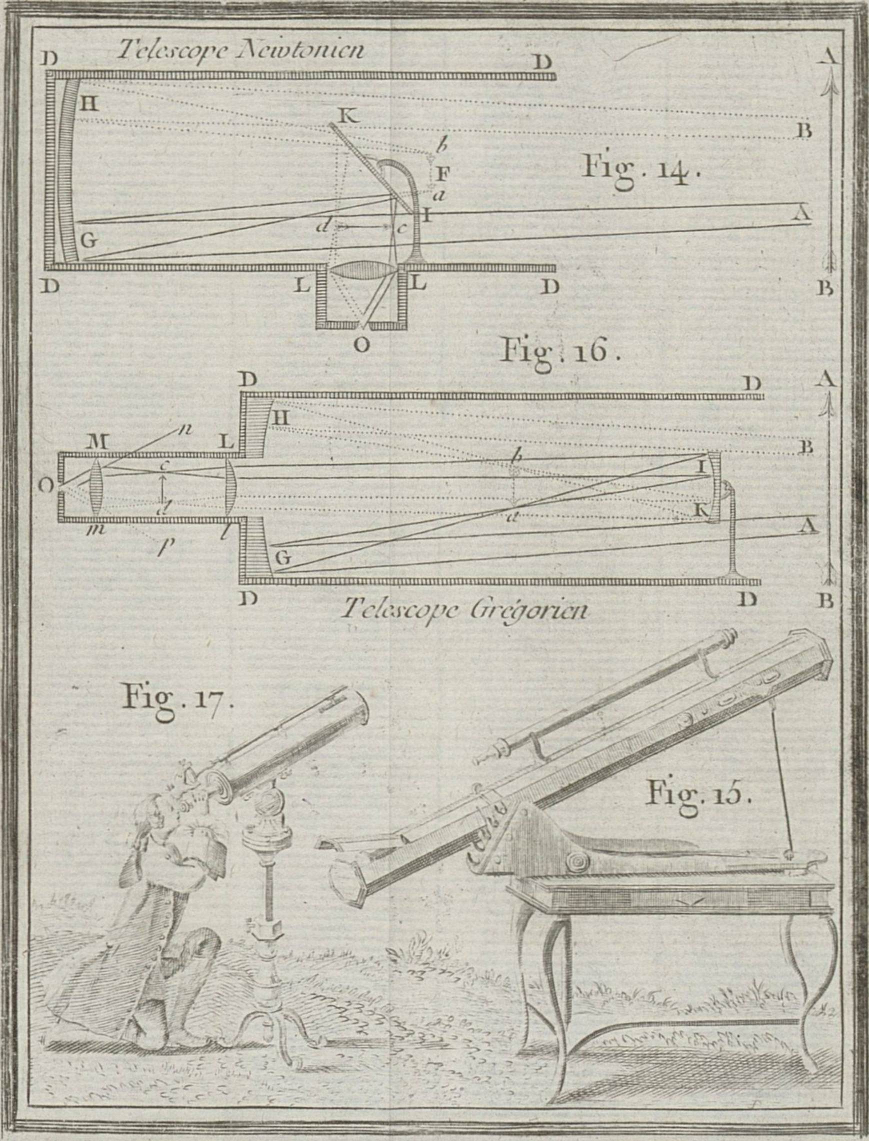
éloigné, & qui ſe ſont croiſés avant que d'entrer dans le téleſcope. Les rayons preſque paralleles qui compoſent chacun de ces jets de lumiere, étant réfléchis par le miroir concave *GH*, deviennent convergents, & font une image diſtincte & renverſée à la diſtance *ab*, où eſt le foyer des rayons paralleles; enſuite ils deviennent divergents, & s'avancent en cet état juſqu'au petit miroir *IK*, qui ayant ſon foyer un peu plus loin que la diſtance *ab* d'où ces rayons commencent à diverger, les rend un peu convergents après la réflexion; tellement que, s'ils ne rencontroient rien dans le petit tuyau, ils iroient former une image bien au-delà de la diſtance *Ll*; mais pour rendre l'inſtrument plus court, on les reçoit là, ſur un verre plan convexe qui augmente leur convergence, & qui les réunit à la diſtance *cd* où ſe forme l'image; enſuite lorſqu'ils ſont devenus divergents, on les fait paſſer par un autre verre qui a ſon foyer à la diſtance *cd*, ce qui fait qu'ils ſont émergents par des lignes paralleles, & que les faiſceaux qu'ils compoſent, ſe di-

XVII. LEÇON.

XVII. LEÇON.

rigent de part & d'autre vers *O* où eſt l'œil, & lui font voir l'image ſous l'angle *n O p*.

Le tuyau eſt monté ſur un genou qui tient à un ſupport, au moyen de quoi il a tous les mouvements imaginables. Pour faire approcher le petit miroir du grand, ou pour l'en éloigner, il y a une verge de métal qui tourne dans deux ou trois collets placés ſur la longueur du tuyau & dont un bout qui eſt taillé en vis, enfile l'extrémité de la tige qui porte le petit miroir; cette verge eſt garnie à ſon autre bout d'une tête que l'on tient à la main pour la faire tourner d'un côté ou de l'autre, juſqu'à ce qu'on apperçoive l'image de l'objet bien diſtinctement. Ce mouvement du petit miroir eſt néceſſaire : car quand l'objet qu'on regarde eſt plus éloigné, l'image s'écarte des oculaires; & quand il eſt plus près, c'eſt tout le contraire : comme ces oculaires ſont fixes, il faut que le petit miroir s'avance ou ſe recule, pour entretenir l'image toujours à la même diſtance de ces verres. C'eſt pour la même raiſon que dans les lunettes de


Telescope Newtonien
Fig. 14.
Fig. 16.
Telescope Grégorien
Fig. 17.
Fig. 15.

Dioptrique, le tuyau des oculaires doit ſe tirer davantage, pour les objets qui ſont les moins éloignés. XVII. LEÇON.

Le téleſcope Grégorien que je viens de décrire, fait voir l'objet droit, puiſque la derniere image *c d* que l'œil reçoit, eſt dans la même ſituation que *A B*. Il eſt un peu moins clair que celui de Newton, parce qu'il y a deux verres, & que la lumiere ſouffre d'autant plus de déchet, qu'elle a plus d'épaiſſeur à traverſer. Mais à grandeurs égales, il groſſit davantage; & bien des gens le préferent, parce qu'on place l'œil au bout, comme dans les lunettes de Dioptrique. Voyez la *Fig.* 17. qui repréſente un de ces inſtruments qui à 15 pouces de longueur; c'eſt celui qui eſt plus en uſage maintenant pour les objets terreſtres.

Microſcopes ſimples & compoſés.

On appelle *microſcopes*, tous les inſtruments qui nous font diſtinguer les objets imperceptibles à la vue ſimple; ils nous aident à voir de près, comme les téleſcopes pour regarder au loin : autant ceux-ci facilitent les

progrès de l'Aſtronomie, autant ceux-là ſont avantageux à la Phyſique & à l'Hiſtoire naturelle; ſans eux nous ſerions privés d'une infinité de découvertes & de connoiſſances utiles, par leſquelles ſe ſont illuſtrés les Borelli, les Hook, les Malpighi, les Lewenhoek, les Réaumur, & tant d'autres grands hommes, à qui ces nouveaux organes ont dévoilé les ſecrets de la nature.

Les microſcopes ſont ou ſimples ou compoſés. Les premiers ſont faits d'un petit corps tranſparent, de figure ſphérique ou lenticulaire, & ordinairement ce petit corps eſt du verre. Les autres ſont des aſſemblages de pluſieurs verres, par la combinaiſon & l'arrangement deſquels les images des objets ſont amplifiées, & préſentées d'une maniere commode à l'œil de l'obſervateur.

Si l'on veut conſidérer comme microſcope, tout ce qui augmente la grandeur apparente des corps qu'on regarde, il faut rapporter l'invention du *microſcope ſimple* au temps où l'on a commencé à connoître l'effet des verres lenticulaires, & c'eſt remonter au

delà de 400 ans : mais comme ce nom tient pour le moins autant à l'uſage qu'on a fait de cette eſpece de verre, qu'à ſa figure & à la propriété qui en réſulte, je ne penſe pas que cet inſtrument ait été connu comme tel, avant le commencement du dernier ſiecle ; car il me ſemble qu'on ne voit point d'obſervations microſcopiques, qui ne ſoient poſtérieures à ce temps-là (*a*). Quant aux *microſcopes compoſés*, M. Huyghens dit avoir appris de témoins oculaires, que Drebbel ſon compatriote, en faiſoit à Londres en 1621 : Fontana, dans un Ouvrage qu'il fit paroître en 1646, prétend avoir fait de ces inſtruments dès 1618 ; il ne paroît pas que perſonne en ait fait auparavant.

C'eſt un fait, que plus les lentilles tranſparentes ſont petites & convexes, plus elles ont de force pour groſſir les objets : voilà pourquoi un globule de verre, fondu au bout d'une aiguille à la bougie, ou une goutte d'eau enchâſſée dans un trou rond

(*a*) François Stelluti publia en 1625 la Deſcription des parties des Abeilles, qu'il avoit examinées avec une loupe de verre.

XVII. LEÇON.

que l'on fait dans une petite lame de plomb, fait un aſſez bon microſcope : on en comprendra la raiſon, en examinant ce qui ſe paſſe, quand on regarde un petit corps au travers d'une plus grande lentille ; & l'on ſera peut-être bien ſurpris de voir, que ce globule de verre & cette goutte d'eau ne ſont pas microſcopes, en tant qu'ils amplifient l'image de l'objet, mais ſeulement parce qu'ils la font voir plus clairement, & que le même objet vu par le même trou vuide, & à la même diſtance, paroît auſſi grand, que quand on le regarde à travers la goutte d'eau ou à travers le globule de verre.

Suppoſons l'œil placé en C, *Fig.* 18. vis-à-vis & tout près d'un très-petit trou percé à jour dans une lame de métal *D D*, & qu'il regarde par-là un objet placé à une petite diſtance, il le verra diſtinctement ; parce que, comme le trou eſt fort petit, l'œil ne peut recevoir de chaque point viſible de l'objet qu'un rayon ſimple, pour ainſi dire, & non pas comme d'ordinaire, un faiſceau de rayons divérgents, qui aient beſoin d'un cer-

tain degré de réfraction, pour ſe réunir juſtement ſur la rétine; l'impreſſion d'un ſeul rayon eſt toujours diſtincte. La grandeur apparente de l'objet ſera auſſi beaucoup plus grande ; car il ſera apperçu ſous l'angle *ACB* beaucoup plus grand que *ECF*, qu'on ſuppoſe être celui, ſous lequel ce même objet pourroit être vu diſtinctement par le même œil, ſans l'interpoſition de la lame trouée ; de ſorte que ſi la diſtance de l'objet à l'œil qui regarde par le petit trou, eſt cent fois plus petite, que celle à laquelle il faut placer le même objet, pour le voir diſtinctement à vue découverte & libre, on peut dire, que l'objet paroît alors cent fois plus grand, qu'on ne le voit ordinairement.

Mais qu'arrivera-t-il de plus, ſi au lieu de ce petit trou, nous ſuppoſons un lentille de verre *dd*, qui ait ſon foyer à la diſtance *ab* égale à *AB*; les rayons ſimples *ac*, *bc*, paſſeront de même à l'œil en traverſant le verre, & l'angle viſuel ſera toujours *acb*, comme auparavant ; c'eſt-à-dire, qu'on verra l'objet de la même grandeur que par le petit trou ;

XVII. Leçon.

mais ſon image dans l'œil, ſans être plus diſtincte, ſera plus claire, parce qu'elle ſera formée, non-ſeulement par les rayons ſimples *a c*, *b c*, &c. mais encore par des rayons collatéraux qui divergeant des mêmes points *a*, *b*, &c. ſe réfracteront dans la lentille, & en ſortiront du côté de l'œil, par des lignes paralleles aux premiers *a c*, *b c*,

C'eſt par cette derniere raiſon, que les microſcopes ſimples font mieux qu'un petit trou à jour; mais leur pouvoir d'amplifier vient eſſentiellement, de ce que par leur moyen on peut voir diſtinctement, à une très-petite diſtance de l'œil. Si l'on veut donc ſavoir combien de fois groſſit une lentille, il n'y a qu'à comparer la longueur de ſon foyer, avec la diſtance à laquelle on verroit diſtinctement l'objet, à la vue ſimple; ſi ces deux quantités, par exemple, ſont comme $\frac{1}{2}$ ligne & 8 pouces, on peut dire que la lentille groſſit 192 fois, parce qu'une $\frac{1}{2}$ ligne eſt $\frac{1}{192}$ de 8 pouces.

Le microſcope ſimple ne groſſiſſant donc l'apparence des objets, qu'autant qu'ils ſont extrêmement

près de lui, & qu'il eſt lui-même tout contre l'œil, ſon uſage eſt par-là très-incommode, & même impraticable dans beaucoup d'occaſions, parce qu'il y a quantité d'objets auxquels on ne peut pas l'appliquer, & qu'il eſt toujours très-difficile d'éclairer ſuffiſamment ceux qu'on veut examiner avec cet inſtrument. Ces inconvénients ont fait imaginer les microſcopes compoſés, dont le principal mérite eſt de faire preſqu'autant d'effet que le microſcope ſimple, avec des lentilles d'un foyer plus long; ce qui les rend d'un uſage plus étendu & plus facile, ſans compter, qu'avec ces inſtruments on découvre d'un ſeul coup d'œil un plus grand nombre de points viſibles.

Je n'examinerai point ici quelle eſt la meilleure combinaiſon de verres qu'on puiſſe employer, dans la compoſition du microſcope, ni la grandeur de ces verres, ni leurs diſtances reſpectives; je réſerve cette diſcuſſion pour un autre ouvrage dont j'ai déja parlé pluſieurs fois: il me ſuffira de ſuivre ici à l'aide d'une figure, la marche des rayons de la lumiere

XVII. LEÇON.

dans un microſcope à trois verres ; c'eſt celui qui eſt aujourd'hui le plus en uſage.

Soit donc un objet *AB*, placé un peu plus loin que le foyer de la lentille *c*, & ſuffiſamment éclairé ; les rayons divergents qui partent de tous les points viſibles, comme *Ad*, *Ae*, ou *Bd*, *Be*, & qui couvrent toute la ſurface antérieure de la lentille, après avoir ſouffert les réfractions ordinaires, deviennent émergents, par des lignes un peu convergentes *ef*, *dg* ; de ſorte que, ſi rien ne les arrêtoit, ces faiſceaux de rayons réunis formeroient une image renverſée, à la diſtance *E*.

Mais ces jets de lumiere étant reçus par la lentille *D*, de divergents qu'ils étoient, deviennent convergents entr'eux ; & les rayons qui les compoſent, devenant plus convergents qu'ils ne l'étoient, ſe croiſent & forment à peu de diſtance de-là, l'image renverſée *a b*.

Cette image étant au foyer d'une troiſieme lentille *F*, les rayons divergents qui partent des points *a*, *b*, &c. en paſſant par ce verre, ſe diſpoſent parallélement entr'eux, for-

ment des jets qui tendent à ſe réunir en *O* où ſe place l'œil, & font voir l'image *ab*, ſous l'angle *kOh*, ſans comparaiſon plus grand, que *AOB*, qui eſt celui de la vue ſimple.

Les plus grands avantages qu'on puiſſe procurer à ces inſtruments, ſont, d'être applicables à toutes ſortes d'objets, d'être bien éclairés, & de pouvoir être maniés commodément. Il ſeroit impoſſible & ſuperflu de dire ici tout ce qu'on a tenté juſqu'à préſent, pour remplir ces conditions : chacun a varié la monture du microſcope, ſuivant ſon génie & ſes vues ; la plupart des Artiſtes pour en augmenter le prix, l'ont chargé de tant de ſuperfluités & d'ornements déplacés, qu'il faut, pour s'en ſervir, une étude particuliere, que peu de gens veulent ſe donner la peine de faire. Voici ce que j'y trouve d'eſſentiel.

Pour comprendre toutes ſortes d'objets, il faut que le microſcope puiſſe s'appliquer également à ceux qui ſont tranſparents, & à ceux qui ſont opaques. Il eſt donc à propos pour les premiers, que l'inſtrume

XVII. Leçon.

puiſſe ſe tenir dans une ſituation à peu près horizontale, afin que le jour y entre, comme dans une lunette; ou, ce qui eſt encore mieux, qu'il y ait à quelque diſtance ſous la lentille objective, un miroir qui s'incline à volonté, pour prendre la lumiere du jour, ou d'une bougie, & la réfléchir ſous l'objet qu'on obſerve. Quant aux corps opaques, on les illumine en raſſemblant la lumiere deſſus par le moyen d'un miroir, ou d'un verre lenticulaire diſpoſé convenablement pour cet effet.

La plus grande difficulté qui ſe rencontre dans l'uſage du microſcope, c'eſt de placer l'objet à la diſtance préciſe, à laquelle il convient qu'il ſoit de la lentille objective; il faut que cela ſe faſſe par des mouvements très-aiſés à meſurer, ſur-tout quand le verre eſt d'un foyer fort court; & c'eſt en quoi la plupart des Artiſtes réuſſiſſent le moins; ou le plus ſouvent, cet avantage eſt compenſé par des défauts qui en diminuent bien le mérite. Ce qui s'eſt pratiqué de mieux juſqu'à préſent, ce ſont des vis bien faites, qui font deſ-

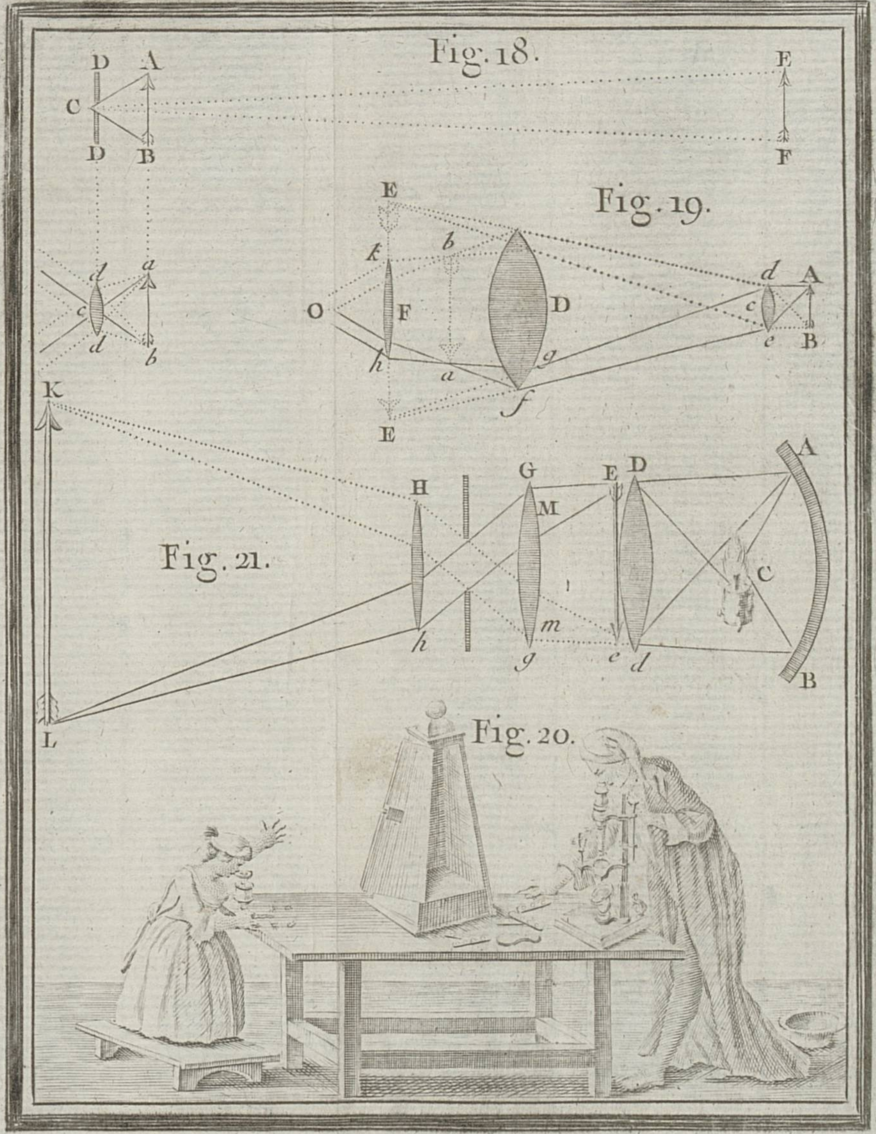


Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 21.
Fig. 20.

cendre & gliſſer également le corps du microſcope le long de ſon portant. XVII. LEÇON.

Un microſcope qui n'auroit qu'une lentille objective, ne pourroit ſervir qu'à des objets d'une certaine grandeur ; il faut qu'il y en ait pluſieurs de différentes forces, qu'on puiſſe placer ſucceſſivement au bout du tuyau ; mais je trouve auſſi, qu'il eſt inutile d'en avoir un ſi grand nombre ; trois ou quatre ſuffiſent pour l'obſervateur le plus exact & le plus occupé. Si l'on eſt curieux de connoître la forme extérieure des microſcopes dont je me ſers le plus, on peut jetter les yeux ſur la *Fig.* 6e. de la premiere Leçon, *Tome I.* & ſur la *Fig.* 20e, gravée ci après.

Lanterne Magique, & Microſcope Solaire.

LA Lanterne magique eſt un de ces inſtruments, qu'une trop grande célébrité a preſque rendu ridicules aux yeux de bien des gens. On la promene dans les rues, on en divertit les enfants & le peuple ; cela prouve, avec le nom qu'elle porte, que ſes effets ſont curieux & ſurprenants :

& parce que les trois quarts de ceux qui les voient, ne ſont pas en état d'en comprendre les cauſes, quand on les leur diroit, eſt-ce une raiſon pour ſe diſpenſer d'en inſtruire les perſonnes qui peuvent les entendre? Si le grand Newton s'eſt occupé ſérieuſement à ſoufler des globes creux, avec de l'eau chargée de ſavon, n'eſt-ce point une leçon qui nous apprend, qu'aux yeux d'un Philoſophe rien ne doit paroître puérile, quand on en peut tirer des inſtructions?

Nous tenons la Lanterne magique du Pere Kirker, Jéſuite Allemand, qui joignoit à un grand ſavoir une ſagacité ſinguliere, & un génie fort inventif. La propriété de cette machine eſt de faire paroître en grand, ſur une muraille blanche ou ſur une toile tendue dans un lieu obſcur, des figures peintes en petit, ſur des morceaux de verre mince, & avec des couleurs bien tranſparentes.

Pour cet effet, on éclaire fortement par derriere le verre peint, qu'on peut appeller *porte-objets*, & l'on place par-devant, à quelque diſtanc

diſtance l'un de l'autre, deux verres lenticulaires qui raſſemblent ſur la toile, ou ſur la muraille, les rayons divergents qui partent de chaque point de l'objet, & qui laiſſent diverger entr'eux, tous les pinceaux de lumiere formés par ces rayons ; rendons ceci ſenſible par une figure.

AB, Fig. 21. eſt un miroir concave de métal ou de glace. *C*, eſt la flamme d'une très-groſſe chandelle, ou d'une lampe, placée un peu plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles. *D d* eſt un verre convexe des deux côtés, & plus large que le porte-objet *E e*, qui eſt immédiatement après. A quelque diſtance delà eſt un autre verre lenticulaire *G g* ; & un peu plus loin encore, un autre mois convexe *Hh*, & un peu moins large.

Ces deux derniers verres ſont mobiles dans un gros tuyau, afin qu'on puiſſe les éloigner & les approcher l'un de l'autre, autant qu'il eſt néceſſaire pour rendre l'image diſtincte ſur la toile. Ce tuyau eſt attaché au-devant d'une boîte quarrée dans laquelle on renferme le miroir, la

XVII. Leçon.

lampe & le premier verre lenticulaire; de ſorte qu'il ne paſſe de lumiere dans la chambre, que celle qui vient au travers du verre peint. Tout étant ainſi diſpoſé, ſi la figure qui eſt peinte ſe trouve renverſée, comme *E e*, elle paroît ſur la muraille amplifiée & droite comme *K L*.

On produit le même effet, & d'une maniere beaucoup plus belle, en faiſant tomber derriere le verre peint, un gros rayon ſolaire, par le moyen d'un miroir placé en dehors d'une fenêtre; mais afin que cette lumiere ſe diſtribue plus également, il faut metre un morceau de papier huilé en place du verre convexe *D*, qui doit être ſupprimé, ainſi que la lampe & le miroir concave.

L'objet *E e* étant tranſparent & fortement illuminé par derriere, laiſſe paſſer dans la chambre, par tous les points viſibles de ſa ſurface, des faiſceaux de rayons divergents, comme *E M*, *em*, leſquels faiſceaux ſont inclinés entr'eux vers le verre lenticulaire *G g*. Ce verre produit deux effets : il augmente la convergence des faiſceaux, qui ſe croiſent

bientôt après, & il diminue juſqu'au paralléliſme, la divergence des rayons qui les compoſent. Enfin toute cette lumiere paſſant encore à travers la lentille *Hh*, les faiſceaux continuent de diverger entr'eux, & les rayons dont ils ſont formés, ſe raſſemblent dans des points *K*, *L*, &c. ſur la muraille ou ſur la toile; & comme ces faiſceaux de lumiere ſe ſont croiſés entre les deux verres lenticulaires *Gg*, *Hh*, ils tracent l'image en ſens contraire de l'objet d'où ils ſont partis. Pour rendre l'image plus diſtincte, on met entre les deux verres *G*, *H*, où les rayons ſe croiſent, un anneau de bois ou de carton, dont l'ouverture eſt telle, qu'elle ne laiſſe paſſer que la lumiere néceſſaire, & réguliérement réfractée par la lentille *G*. Voyez la *Fig.* 22. qui repréſente toute la machine & ſon effet dans l'obſcurité.

Ordinairement les verres peints qui ſervent d'objets aux Lanternes magiques, ſont des bandes qui ont 8 ou 10 pouces de longueur, & que l'on fait gliſſer par une couliſſe pratiquée auprès du verre *Dd*, à l'endroit où eſt

XVII. LEÇON.

attaché le tuyau qui porte les deux lentilles *Gg*, *Hh*, & ces bandes de verre ſont ſimples. Mais dans un voyage que je fis en Hollande en 1736, M. Muſchenbroek m'en fit avoir d'autres que je trouvai bien imaginés, en ce que les figures y ont des mouvements qui ſemblent les animer. L'une eſt un moulin à vent dont les aîles tournent : l'autre eſt une femme qui fait la révérence en paſſant : dans une autre, c'eſt une mâchoire qui ſe meut, ou un cavalier qui ôte ſon chapeau, & qui le remet, &c. On peut voir dans les Eſſais de Phyſique de M. Muſchenbroek, * comment toutes ces petites manœuvres s'exécutent ; je dirai ſeulement en général, que cela ſe fait par le moyen de deux morceaux de verre, dont l'un enchâſſé dans un morceau de planche percée à jour, porte une partie de la figure, & l'autre placé par-deſſus, & qui n'eſt chargé que de la partie mobile, ſe met en mouvement par le moyen d'un cordon, ou d'une petite regle qui gliſſe dans une couliſſe, pratiquée dans l'épaiſſeur de la planche.

* P. 623. in-4°.

En 1743, il nous vint de Londres

un nouvel inſtrument d'optique ſous le nom de *microſcope ſolaire* inventé, peu de temps auparavant, par M. Liéberkuyn de l'Académie Royale des Sciences de Berlin; c'eſt à proprement parler, une lanterne magique, éclairée par la lumiere du Soleil, & dont le porte-objet, au lieu d'être peint, n'eſt qu'un petit morceau de verre blanc, que l'on charge d'une goutte de liqueur dans laquelle il y a des inſectes, de quelques pouſſieres, ou autres corpuſcules tranſparents : il y a encore cette différence, (qui n'eſt point eſſentielle) qu'au lieu des deux lentilles *G*, *H*, *Fig.* 21, il n'y en a qu'une, d'un foyer fort court.

Suppoſez donc une chambre bien fermée & bien obſcure, qui ait une fenêtre au midi, ou à peu près; qu'il y ait un trou au volet, pour introduire un gros rayon du Soleil par le moyen du miroir *A B*, *Fig.* 23. placé en dehors; qu'au trou de la fenêtre, ſoit ajuſté un tuyau garni d'une lentille de verre *C*, dont le foyer ſoit à 8 ou 9 pouces de diſtance. Le petit verre *D* qui porte l'objet, étant placé dans ce jet de lumiere vive, ſi l'on

XVII. Leçon.

approche la lentille *E*, de maniere que le porte-objet ſoit un peu plus loin que ſon foyer, tout ce qui eſt deſſus paroît prodigieuſement amplifié ſur une muraille, ou ſur une toile blanche élevée verticalement, à 10 ou 12 pieds de diſtance vers le fond de la chambre; & ce qu'il y a de ſingulier, c'eſt que les images ſont diſtinctes à toutes ſortes de diſtances de la lentille.

Pour bien entendre la raiſon de cet effet, il faut ſavoir que la lentille *E* eſt couverte du côté de l'objet, avec une petite lame de plomb mince, qui n'a d'autre ouverture qu'un trou percé au milieu, comme celui que pourroit faire une épingle; cela fait que les jets de lumiere qui partent des différents points de l'objet, & qui viennent ſe croiſer dans ce petit trou, reſtent dans toute leur longueur, comme des rayons ſimples & fort vifs: ils ſont capables par ces deux raiſons, de tracer diſtinctement les images à différentes diſtances; & parce qu'ils ſe ſont croiſés dans la lentille, ils peignent ſur le haut de la toile, ce qui eſt placé en bas ſur le

petit verre blanc qui porte les objets.

Le microſcope ſolaire eſt encore plus curieux & plus intéreſſant que la lanterne magique. Une puce écraſée ſur le porte-objet, ſe voit groſſe comme un mouton; les pouſſieres de papillon reſſemblent à des feuilles d'œillet; un cheveu paroît gros comme un manche à balai; & les plus petits inſectes, qu'on puiſſe ſaiſir avec la pointe d'une aiguille dans les eaux croupies, ſe préſentent avec des formes & des variétés qu'on ne ſe laſſe point d'admirer; mais rien n'eſt ſi beau que la circulation du ſang, obſervée avec cet inſtrument dans le méſentere d'une petite grenouille, ou dans la queue d'un teſtard; on diroit voir une carte de Géographie, dont toutes les rivieres ſeroient animées par un écoulement réel.

Mais comme l'objet eſt au foyer d'un verre convexe, il peut y être expoſé à un degré de chaleur qui le deſſeche trop vîte, ou qui le faſſe perir; quand on craint cet accident, il faut couvrir une partie du verre lenticulaire, ou placer l'objet un peu plus près, ou un peu plus loin que le vrai foyer.

XVII. LEÇON.

Dès les premieres épreuves que je fis du microſcope ſolaire, il me parut propre à étendre les progrès de l'Hiſtoire Naturelle, par la facilité qu'il donne de voir en grand, & de deſſiner certaines parties des animaux & des végétaux, qui peuvent acquérir une tranſparence ſuffiſante, par la macération ou autrement. Mais cet inſtrument, tel qu'il m'eſt venu d'Angleterre me laiſſoit quelque choſe à deſirer : il n'étoit pas d'un uſage commode pour toutes ſortes d'objets, & il étoit d'un prix aſſez haut, pour faire craindre que tous ceux qui ſeroient en état de s'en ſervir utilement, ne puſſent l'acquérir ſans s'incommoder. Je m'appliquai donc à ſimplifier ſa conſtruction, & à la rendre telle cependant, qu'on pût examiner tout ce qu'on voudroit : celui qui eſt repréſenté par la *Fig.* 24. a ce dernier avantage ; & l'ouvrier qui les fait & qui les débite, ne les vend que quarante-huit livres, argent de France (*a*).

(*a*) Je dois avertir ici que depuis la premiere Edition de ce volume, j'ai remarqué que ces inſtruments dont toutes les pieces étoient de bois

ABC,

ABC Fig. 24. eſt une planche quarrée, dont chaque côté a 7 à 8 pouces. Elle eſt percée aux quatre coins, pour recevoir 4 vis, avec leſquelles on l'attache ſur le volet de la fenêtre, où il y a un trou rond de 5 à 6 pouces de diametre.

XVII. LEÇON.

Au milieu de cette planche qui fait partie du volet, quand elle y eſt attachée, eſt un trou rond dans lequel tourne librement le tuyau *D*, qui porte à l'une de ſes extrémités le cercle de bois plat *E e*.

Ce cercle eſt percé au milieu, pour recevoir un verre lenticulaire qui a près de deux pouces de diametre, & 9 pouces de foyer; & ſur les bords ſont fixées deux regles de métal *Ff*, qui portent en avant le miroir *Gg*.

Ce miroir, qui eſt en dehors de la fenêtre, & qui ſert à jetter la lumiere du Soleil ſur le verre lenticulaire dont je viens de parler, peut ſe tourner à droite ou à gauche avec le tuyau *D*, s'incline plus ou moins quand on tire, ou quand on pouſſe

perdoient quelquefois la liberté de leurs mouvements, j'ai mieux aimé augmenter la dépenſe d'un tiers pour les rendre plus ſolides.

XVII. LEÇON.

la petite lame *H*, qui répond dans la chambre ; de ſorte que par ces deux mouvements, on peut toujours le préſenter convenablement au Soleil, pour faire tomber la lumiere de cet aſtre dans la direction du tuyau *D*.

K eſt un autre tuyau qui gliſſe dans le premier, & au bout duquel eſt fixée une petite platine de bois dur, ou de buis, au centre de laquelle il y a un trou rond de 4 à 5 lignes de diametre, & au-deſſous, une eſpece de pince plate, dans laquelle s'engage le verre qui ſert de porte-objet ; de maniere, que ce que l'on a deſſein de voir, ſe trouve vis-à-vis du trou, & que le trou, lorſqu'on fait avancer le tuyau, ſe met lui-même au foyer du grand verre convexe.

La platine de bois dont je viens de parler, a une queue qui porte deux petits bouts de tuyau de cuivre qui font reſſort, & dans leſquels gliſſent deux petites tiges d'acier, aux bouts deſquelles eſt fixé le porte-lentille *I* ; ainſi, en appuyant doucement avec le doigt, on fait approcher la lentille de l'objet, autant qu'il eſt néceſſaire, pour voir diſtinctement les ima-

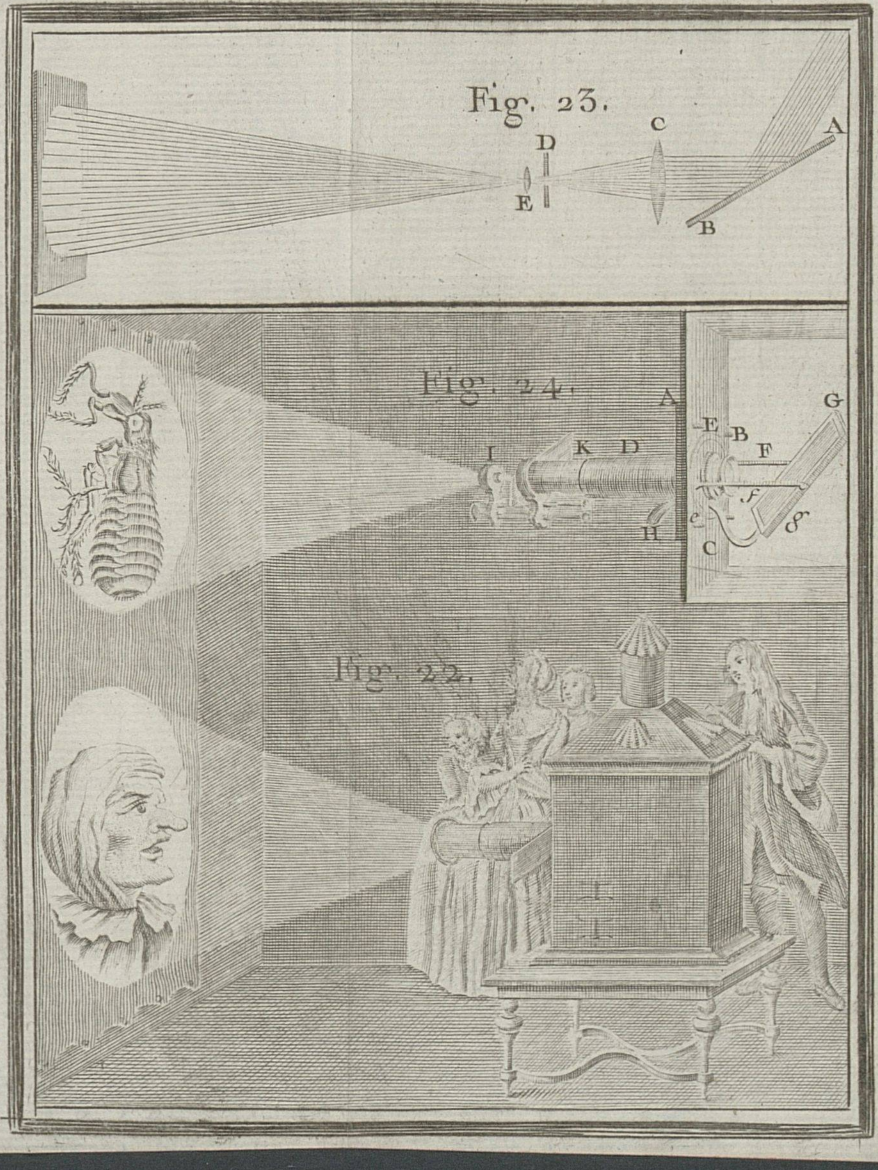


Fig. 23.
A
B
C
D
E
Fig. 24.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
e
f
g
Fig. 22.

ges ſur la toile qui eſt au fond de la chambre.

XVII. LEÇON.

Cette conſtruction a cela de commode, qu'on peut placer l'objet tout à ſon aiſe, & appercevoir quand le rayon ſolaire tombe en plein ſur le petit trou de la lame de plomb qui couvre la lentille : ce qui met l'uſage de cet inſtrument à la portée de tout le monde.

Voilà quels ſont les inſtruments d'optique les plus connus & les plus uſités. Ce que j'en ai dit ne ſuffiroit pas ſans doute, pour quiconque voudroit les conſtruire ou les perfectionner : dans cet Ouvrage qui eſt purement élémentaire, j'ai cru devoir me borner au ſeul deſſein d'en faire comprendre les effets.

Fin du cinquieme Volume.

TABLE DES MATIERES

Contenues dans ce Volume.

XV. LEÇON.

Sur la Lumiere.

NOTIONS générales, & Diviſion des Matieres traitées dans ce volume. p. 1.

I. SECTION.

De la nature & de la propagation de la lumiere. 4.

Penſées de Deſcartes, ſur la nature & la propagation de la lumiere. 7.

Penſée de Newton ſur le même ſujet. 9.

I. Expérience, qui prouve que la lumiere eſt l'action d'une matiere qui eſt préſente par-tout au dedans comme au dehors des corps. 16.

II. Exp. qui prouve que la matiere de la lumiere qui réſide à la ſuperficie des corps, peut être miſe en action par la ſeule clarté du jour. 21.

III. Exp. pour prouver que cette même matiere peut être excitée par l'action du feu. 26.

Hiſtoire des phoſphores tant naturels qu'artificiels. 28.

Réflexions ſur la vîteſſe & ſur le mouvement progreſſif de la lumiere. 46.

II. SECTION.

Des Directions que ſuit la lumiere dans ſes mouvements. 57.

ART. I. *De la lumiere directe ou des principes de l'Optique proprement dite.* 58.

I. EXP. par laquelle on prouve que la lumiere procédant d'un point radieux, s'étend en forme de rayons divergents. 65.

II. EXP. par laquelle on fait voir que la lumiere qui procede d'un point radieux, s'affoiblit en s'éloignant de ce point, en raiſon du quarré de la diſtance. 70.

APPLIC. de ces deux Expériences aux phénomenes de la viſion qui dépendent de la rectitude des rayons de lumiere, de leur denſité & de leur interruption. 72.

III. EXP. qui montre comment de tous les points d'un objet éclairé, il part une infinité de pinceaux ou jets de rayons divergents, qui ſe croiſent à différents endroits & à différentes diſtances. 90.

IV. EXP. par laquelle on voit que ces jets de lumieres après leur croiſement, forment des angles ſemblables & oppoſés par leurs ſommets à ceux qu'ils formoient avant que de ſe rencontrer. 94.

APPLIC. de ces deux Expériences aux phénomenes de la viſion qui concernent la formation des images, leur ſituation, leur grandeur, leur figure, leur degré de clarté & l'eſtimation de la diſtance de l'objet. 97

XVI. LEÇON.

Sur la Lumiere.

Suite de la ſeconde Section.

Art. II. *De la lumiere réſléchie, ou des principes de la Catoptrique.*

Diſcours préliminaire ſur la maniere dont les ſurfaces réfléchiſſent la lumiere. 142.

I. Exp. par laquelle on apprend que la lumiere fait ſon angle de réflection égal à celui de ſon incidence. 161.

Conſéquences de ce principe, expoſées par la voie de l'expérience. 168.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence ſont réſléchis par un miroir plan. 170.

II. Exp. qui prouve que ces rayons étant réfléchis par un miroir plan, demeurent conſtamment paralleles comme auparavant. *Ibid.*

SECOND CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence ſont réſléchis par un miroir plan. 174.

III. Exp. par laquelle on voit que la réflexion cauſée par le miroir plan, ne change point le degré de divergence des rayons. *Ibid.*

TROISIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence ſont réſléchis par un miroir plan. 175.

IV. Exp. qui montre qu'après une telle ré-

flexion, les rayons conſervent leur même degré de convergence. *ibid.*

Applic. des Expériences précédentes à l'invention des miroirs & aux différents uſages qu'on en peut faire, à la formation des images, à leur diſtance, à leur grandeur, à leur ſituation, à leur figure, à leurs mouvements, à leur multiplication, &c. 178.

Effets des miroirs priſmatiques & pyramidaux. 193.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence ſont réfléchis par un miroir convexe. 196.

V. Exp. par laquelle on voit que la réflexion cauſée par un miroir convexe diminue la convergence des rayons. *ibid.*

CINQUIEME CAS.

Si des rayons qui tombent paralleles entr'eux ſont réfléchis par un miroir convexe. 197.

VI. Exp. qui prouve que ces rayons deviennent divergents par la réflexion, ſi le miroir qui les renvoye eſt convexe. *Ibid.*

SIXIEME CAS.

Si des rayons divergents ſont réfléchis par un miroir convexe. 198.

VII. Exp. qui apprend que ces rayons deviennent plus divergents, étant renvoyés par un miroir convexe. *ibid.*

Explication de tous ces effets. *ibid.*

Applic. qu'on en peut faire, pour rendre raiſon de la foible lumiere qui nous vient des

Planetes par comparaiſon à celle du Soleil ; du froid qui regne communément ſur les montagnes, &c. 202.

Examen des images formées par les miroirs convexes, par rapport à leur grandeur, à leur diſtance, à leur ſituation, à leur figure, &c. 204.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles ſont réfléchis par un miroir concave. 211.

VIII. Exp. par laquelle on fait voir que ces rayons deviennent convergents. *ibid.*

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents entr'eux ſont réfléchis par un miroir concave. 212.

IX. Exp. qui montre que ces rayons deviennent plus convergents qu'ils ne l'étoient avant de toucher le miroir. *ibid.*

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence ſont réfléchis par un miroir concave. ibid.

X. Exp. qui prouve que ces rayons de lumiere deviennent moins divergents. *ibid.*

Explication de tous ces effets. 213.

Uſage des miroirs concaves, pour raſſembler les rayons ſolaires & pour former des foyers. 216.

Expérience curieuſe des deux miroirs. 218.

Formation des images par les miroirs concaves, leur diſtance, leur grandeur, leur ſituation. 221.

Différentes manieres de former des miroirs concaves d'une ou de pluſieurs pieces. 228.
Maniere de mettre au teint ceux que l'on forme d'une ſeule glace. 230.

Remarques ſur les miroirs mixtes.

Effets des miroirs cylindriques. 234.
Raiſon de ces effets. 236.
Effets des miroirs coniques. 239.
Raiſon de ces effets. 240.
ART. III. *De la lumiere réfractée, en des principes de la Dioptrique.*
De la réfraction de la lumiere, & des conditions qu'elle exige. 244.
I. EXP. d'où l'on déduit les loix de la réfraction de la lumiere. 248.

Loix de la réfraction de la lumiere.

I. LOI. 253.
II. LOI, avec ſes modifications, *ibid.*
III. LOI. 254.
IV. LOI. *ibid.*
V. LOI. 255.
Sentiment de Deſcartes, ſur les cauſes de la réfraction de la lumiere. *ibid.*
Opinions des Newtoniens, ſur le même ſujet. 260.
Explication de pluſieurs faits, concernant la viſion des objets qu'on regarde de l'air dans l'eau, ou de l'eau dans l'air. 265.
Remarques ſur les réfractions Aſtronomiques. 267.
Apparences trompeuſes qui s'en ſuivent. 272.
Des routes que ſuit la lumiere en traverſant des milieux plus denſes que l'air de l'atmoſphere. 274.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence, paſſent d'un milieu rare dans un plus denſe, qui ſoit terminé par une ſurface plane. 276.

II. Exp. Qui prouve, qu'en pareil cas, les rayons réfractés demeurent paralleles entreux. *ibid.*

SECOND CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence traverſent un milieu plus denſe que l'air & terminée par deux ſurfaces planes paralleles entr'elles. 279.

III. Exp. qui fait voir que la convergence de ces rayons diminue, quand ils entrent, & qu'elle augmente quand ils ſortent d'un tel milieu. 280.

TROISIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence entrent dans un milieu plus denſe ou plus rare, terminé par des ſurfaces planes & paralleles entr'elles. 281.

IV. Exp. par laquelle on voit que de tels rayons en telle circonſtance perdent une partie de leur divergence en entrant & qu'ils la reprennent en ſortant. *ibid.*

Explication des Expériences précédentes. 282.

I. Corol. concernant les milieux réfringents, terminés par deux ſurfaces courbes & paralleles. 286.

II. Corol. touchant les milieux réfringents terminés par des ſurfaces planes & inclinées entr'elles. 288.

Applications de tous ces effets à la viſion des objets qu'on regarde à travers les milieux plus denſes que l'air, & qui ſont terminés par des ſurfaces planes, paralleles ou inclinées entr'elles. *ibid.*

Effets des priſmes triangulaires, & des verres à facettes. 295.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons paralleles paſſent d'un milieu rare dans un milieu plus denſe, terminé par une ſurface convexe. 298.

V. Exp. par laquelle on apprend que ces rayons deviennent convergents. *ibid.*

CINQUIEME CAS.

Si des rayons convergents qui ſortent d'un milieu rare, ſont reçus dans un milieu plus denſe, & terminé par une ſurface convexe. 299.

VI. Exp. par laquelle on voit comment ces rayons peuvent devenir plus ou moins convergents qu'ils ne le ſont naturellement, ou demeurer tels qu'ils ſont en paſſant de l'air dans ce milieu réfringent. *ibid.*

SIXIEME CAS.

Si des rayons divergents paſſent d'un milieu rare dans un plus denſe, terminé par une ſurface convexe. 301.

VII. Exp. qui prouve que ces rayons perdent une partie de leur divergence, & qu'ils peuvent devenir paralleles & même convergents. *ibid.*

Obſervation ſur le point de convergence des

rayons de la lumiere réfractée. 303.
Explications de tous ces effets. *ibid.*
Application de tous ces effets, aux bocaux, & aux lentilles de verre dont on ſe ſert pour former des foyers brûlants, ou pour amplifier les images des objets. 309.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles paſſent d'un milieu rare dans un milieu denſe, terminé par une ſurface concave. 322.

VIII. Exp. qui prouve que les rayons deviennent divergents. *ibid.*

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents paſſent d'un milieu rare dans un milieu denſe qui ſoit terminé par une ſurface concave. 323.

IX. Exp. qui fait voir que ces rayons deviennent néceſſairement moins convergents qu'ils ne l'étoient, & qu'ils peuvent devenir paralleles & même divergents. *ibid.*

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergents ſortent d'un milieu rare pour entrer dans un milieu plus denſe, qui ſoit terminé par une ſurface concave. 326.

X. Exp qui montre que ces rayons peuvent ne ſouffrir aucun changement, & qu'ils peuvent auſſi devenir plus ou moins divergents qu'ils ne le ſont naturellement. *ibid.*
Explication de tous ces effets. 327.
Propriétés & uſages des verres concaves. 328.

XVII. LEÇON.

Suite des Propriétés de la Lumiere.

III. SECTION.

De la lumiere décompoſée, ou de la nature des Couleurs.

Différentes manieres de conſidérer les couleurs. 336.
Art. I. *Des couleurs conſidérées dans la lumiere.*
Hiſtoire de la découverte de Newton. 341.
I. Exp. qui donna occaſion à cette découverte. 344.
Conjectures qui ſervirent d'abord d'explication à l'expérience du priſme. 349.
II. Exp. par laquelle on voit qu'une ſeconde réfraction ne détruit pas les effets produits par la premiere. 354.
Raiſon de cet effet. 355.
III. Exp. par laquelle on voit que l'image colorée produite par le priſme de la premiere expérience, eſt un aſſemblage de cercles de lumiere de différentes couleurs. 357.
IV. Exp. qui prouve que les rayons de lumiere ſont conſtamment plus réfrangibles les uns que les autres. 360.
V. Exp. qui confirme cette vérité. 362.
VI. Exp. par laquelle on voit que les rayons qui ſont les plus réfrangibles ſont auſſi les plus réflexibles. 366.
VII. Exp. par laquelle on fait voir ſept eſpeces de lumiere de différentes couleurs bien diſtinctes. 372.

VIII. Exp. qui prouve que la couleur de chaque rayon homogene eſt inaltérable. 377.
IX. Exp. par laquelle on voit que les couleurs composées qui imitent celles des rayons homogenes, ne ſont point indécompoſables comme elles. 385.
X. Exp. qui prouve que la privation de couleur dans la lumiere hétérogene, vient du mélange complet de tous les rayons ſimples. 390.
Explication des apparences qu'on obſerve en regardant les objets éclairés au travers d'un priſme. 394.
Effets ſemblables à celui du priſme. 401.
Différence des rayons les plus réfrangibles à ceux qui le ſont le moins, déterminée par Newton. 405.
Conſéquence de cette différence, par rapport aux téleſcopes de réfraction. *ibid.*
Explication de l'Iris ou de l'*Arc-en-Ciel.* 409.
Expérience qui fait voir comment naiſſent les couleurs qu'on obſerve dans ce phénomene. 410.
Art. II. *Des couleurs conſidérées dans les objets & dans le ſens de la vue.*
Conjectures ſur la maniere dont les rayons homogenes ſont réfléchis par les ſurfaces ou tranſmis par les épaiſſeurs des corps. 418.
I. Exp. de laquelle on peut conclure que la réflexion & la tranſmiſſion de telle ou telle eſpece de lumiere, dépend du degré de ténuité des parties qui compoſent les corps qu'on nomme *colorés*. 426.
II. Exp. dans laquelle on produit pluſieurs faits qui rendent cette ſuppoſition très-plauſible. 431.

Raiſons de pluſieurs effets naturels, tirées de cette Expérience. 436.
Influence de l'air ſur pluſieurs changements de couleurs. 438.
Changements de couleurs cauſés par les fermentations. 445.
Précautions de pratique, pour rendre les couleurs fixes. 446.
Cauſes de la tranſparence & de l'opacité. 448.
III. Exp. qui prouve que la tranſparence a pour principale cauſe l'homogénéité des parties. 450.
Obſervation de pluſieurs faits qui concourent à prouver la même choſe. 451.
IV. Exp. par laquelle on prouve que l'opacité vient d'un aſſemblage de parties hétérogenes, & d'une poroſité irréguliere & mal alignée. 454.
Explications de pluſieurs effets qui ont rapport à cette Expérience. 456.

IV. SECTION.

Sur la viſion & ſur les inſtruments d'Optique.

Deux ſortes de viſion à diſtinguer. 461.
Art. I. *De la Viſion naturelle.*
Deſcription de l'œil, & ſes fonctions. 464.
I. Exp. qui repréſente artificiellement la viſion. 472.
Obſervations ſur les fonctions de l'œil, ſur ſes différentes maladies, & ſur divers phénomenes qui concernent la viſion naturelle. 474.
Deux couleurs conſidérées dans le ſens de la vue. 507.
Des couleurs accidentelles. 510.
Viſion des objets noirs. 515.

Art. II. *De la Viſion aidée par les inſtruments d'Optique.*
Invention & uſage des lunettes, tant convexes que concaves. 519.
Leurs propriétés démontrées par une expérience. 528.
Chambre noire, par qui inventée. 529.
Deſcription & uſage d'une chambre noire très-portative & très-commode. 532.
Polémoſcopes de différentes façons. 535.
Boîtes optiques de différentes conſtructions, avec l'explication de leurs effets. 537.
Téleſcopes de réfraction & de réflexion, leur hiſtoire, leur uſage & l'explication de leur effets. 540.
Microſcopes ſimples & compoſés; depuis quand inventés: raiſons de leurs effets. 557.
Lanterne magique, ſon Auteur, ſa conſtrution: explication de ſes effets. 567.
Microſcope ſolaire, dans quel temps, & par qui inventé; ſa deſcription, & l'explication de ſes effets. 572.

Fin de la Table des Matieres du Tome cinquieme.

Le Privilége eſt dans les précédents Volumes.

LEÇONS
DE
PHYSIQUE

TOM V

inches | centimeters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density →										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

D50 Illuminant, 2 degree observer

Golden Thread

	16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L*	49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87
a*	-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17
b*	0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46
Density	0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42									

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams